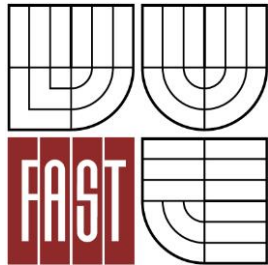




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

VYHODNOCENÍ PROVOZU TLAKOVÉ KANALIZACE OBCE HRÁDEK U SUŠICE

ASSESSMENT OF OPERATION OF THE PRESSURE SEWERAGE SYSTEM OF THE HRADEK U
SUŠICE VILLAGE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. TOMÁŠ MACSEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAN RUČKA, Ph.D.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant Bc. Tomáš Macsek

Název Vyhodnocení provozu tlakové kanalizace obce Hrádek u Sušice

Vedoucí diplomové práce Ing. Jan Ručka, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce 31. 3. 2014

Datum odevzdání diplomové práce 16. 1. 2015

V Brně dne 31. 3. 2014

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

[1] BERÁNEK, Josef; PRAX, Petr. Tlaková kanalizace. Vyd. 1. Brno : NOEL 2000 s.r.o., 1998. 110 s. ISBN 80-86020-08-8.

[2] ČSN EN 1671. Venkovní tlakové systémy stokových sítí. Praha : Český normalizační institut, 1998

[3] ČSN EN 752. Odvodňovací systémy vně budov. Praha: Český normalizační institut, 2008.

[4] Wastewater Technology Fact Sheet. U.S. EPA [online]. September 2002, EPA 832-F-02-006, [cit. 2011-12-08]. Dostupný z <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P10099Q2.txt>

[5] CARCICH, Italo G. Pressure Sewer System Demonstration [online]. Washington, D.C. : Office of Research and Monitoring, 1972. Dostupné z WWW: nepis.epa.gov.

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Předmětem práce bude vyhodnocení provozu tlakové kanalizace obce Hrádek u Sušice se zaměřením na její spouštění do zkušebního provozu. Po provedení úvodní rešerše dostupné literatury student zpracuje seznam a popis závad, které se na stokové síti vyskytují, provede analýzu tlaků ve stokové síti a ověří skutečný pracovní bod čerpadla.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



.....
Ing. Jan Ručka, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKTY A KLÍČOVÉ SLOVÁ

Abstrakt

Práca sa zaoberá vyhodnotením prevádzky tlakovej kanalizácie v obci Hrádek u Sušice. Vyhodnotenie je zamerané na chovanie tlakového systému, jeho prevádzkové parametre a na popis a príčiny porúch, ktoré sa na stokovej sieti počas skúšobnej prevádzky vyskytli. Za účelom zistenia fungovania systému a príčin porúch bolo vykonané kontinuálne meranie tlakov a následná analýza tlakových pomerov na vybraných miestach tlakového systému.

Kľúčové slová

Tlaková kanalizácia

Vyhodnotenie prevádzky

Porucha

Spätná klapka

Abstract

The thesis deals with the assessment of a low pressure sewer system (LPS) in the village of Hrádek u Sušice during its test operation. It assesses the functionality of the LPS, parameters of operation and lists types of failures, which were found during the test operation, as well as the causes for the failings. For the purpose of determination of the LPS functionality and causes of failures, continual measurements of pressure have been made on selected sites followed by a thorough analysis of the data.

Keywords

Low pressure sewer

Assessment of operation

Failure

Check valve

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA VŠKP

Bc. Tomáš Macsek *Vyhodnocení provozu tlakové kanalizace obce Hrádek u Sušice*. Brno, 2015. 62 s., 10 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Jan Ručka, Ph.D.

Prehlásenie:

Prehlasujem, že som diplomovú prácu spracoval samostatne a že som uviedol všetky použité informačné zdroje.

V Brne dňa 13.1.2015

.....
podpis autora
Bc. Tomáš Macsek

POĎAKOVANIE

Ďakujem Ing. Janovi Ručkovi Ph.D. za cenné rady, postrehy a nápady k mojej diplomovej práci. Takisto chcem poďakovať starostovi a technickým pracovníkom obce Hrádek u Sušice, za poskytnutie technickej dokumentácie a prevádzkových skúseností z prevádzkovania tlakového stokového systému v obci Hrádek u Sušice.

Táto diplomová práca bola spracovaná v rámci riešenia projektu TAČR ALFA č. TA04010023 „Inteligentní řízení provozu tlakových stokových sítí“.

OBSAH

1	ÚVOD	10
1.1	Súčasný stav poznania	11
1.2	Ciele práce	12
2	TLAKOVÁ KANALIZÁCIA	13
2.1	Popis systému tlakovej kanalizácie.....	14
2.1.1	Zberná jímka	14
2.1.2	Čerpadlá.....	14
2.1.3	Potrubná sieť.....	16
2.1.4	Potrubné spoje	17
2.1.5	Armatúry.....	18
2.2	Používané systémy tlakovej kanalizácie.....	18
2.2.1	Systém mechanického predčistenia (SMP, STEP-septic tank effluent pump).....	18
2.2.2	Meliaci systém (MS).....	19
2.3	Popis princípu	19
2.4	Požiadavky vybraných vodárenských spoločností pre navrhovanie tlakovej kanalizácie a ich porovnanie s platnými normami.....	21
2.5	Akosť vody v tlakových stokových systémoch.....	22
2.5.1	Odpadné vody z meliaceho systému.....	22
2.5.2	Odpadové vody zo systému s mechanickým predčistením.....	23
2.5.3	Zhrnutie	23
3	TLAKOVÁ KANALIZÁCIA V OBCI HRÁDEK U SUŠICE	24
3.1	Popis tlakovej kanalizácie	24
3.1.1	Potrubný rad.....	24
3.1.2	Domové čerpace jímky	25
4	VYHODNOTENIE SKÚŠOBNEJ PREVÁDZKY	30
4.1	Poruchy počas skúšobnej prevádzky.....	30
4.2	Výpočet doby zdržania	31
5	POKUS TESNOSTI SPÄTNEJ KLAPKY	34
5.1	Popisy skúšky	34
5.2	Skúška vodotesnosti spätnnej klapky	34
5.3	Skúška spoľahlivosti uzavretia spätnnej klapky	35
5.4	Výsledky skúšky vodotesnosti kanalizačnej klapky	35

5.5	Záver z pokusu	37
6	MERACIA KAMPAŇ	38
6.1	Spôsob merania tlaku	38
6.2	Zber údajov o prevádzke čerpadiel	39
6.3	Spracovanie nameraných hodnôt tlaku	40
6.4	Vyhodnotenie nameraných hodnôt.....	42
6.4.1	Pracovné body vybraných čerpadiel	45
6.4.2	Vyhodnotenie časti Hrádek.....	47
6.4.3	Vyhodnotenie časti Tedražice.....	48
6.5	Vyhodnotenie akosti odpadových vôd.....	49
7	ZÁVER	51
7.1	Skúsenosti počas skúšobnej prevádzky.....	51
7.2	Meracia kampaň	51
7.2.1	Vyhodnotenie pokusu tesnosti spätnej klapky s guľičkou.....	52
7.2.2	Vyhodnotenie merania tlakov	52
7.3	Diskusia.....	53
7.3.1	Výskyt mierne tlakového príp. beztlakového prúdenia v systéme.....	53
7.3.2	Výskyt podtlakov v tlakovom stokovom systéme	54
7.4	Prínos práce.....	55
8	POUŽITÁ LITERATURA.....	56
	ZOZNAM TABULIEK	58
	ZOZNAM OBRÁZKOV.....	59
	ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV	60
	ZOZNAM PRÍLOH.....	61
	SUMMARY	62

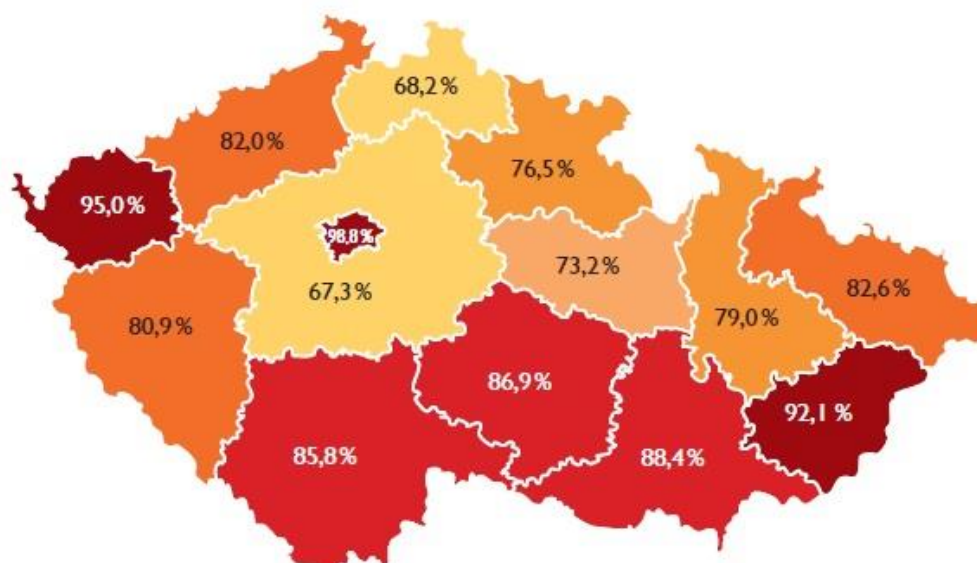
1 ÚVOD

V roku 2013 bolo podľa posledných údajov štatistického úradu pripojených na kanalizáciu v Českej republike 8 704 544 obyvateľov z celkového počtu 10 510 719 obyvateľov ČR [9], čo činí 82,8% pripojenosť. Celková dĺžka kanalizačnej siete dosiahla celkovú dĺžku 43618 km pri priemernej dĺžke radu pripadajúceho na 1 pripojeného obyvateľa $5,01 \text{ m} \cdot \text{ob}^{-1}$.

Tab.č.1.1 Vybrané ukazovatele štatistiky kanalizačnej siete za vybrané roky [5]

Ukazovateľ	Jednotka	ROK						
		1991	2001	2009	2010	2011	2012	2013
Počet obyvateľov	tis.obyv.	10 306	10 287	10 491	10 517	10 495	10 509	10 511
Obyvatelia pripojení na kanalizáciu	tis.obyv.	6 722	7 706	8 530	8 613	8 672	8 674	8 705
Dĺžka kanalizácie	km	18 484	22 253	39 767	40 902	41 911	42 752	43 618
Dĺžka radu pripadajúca na 1 pripojeného obyvateľa	m	2,75	2,89	4,66	4,75	4,83	4,93	5,01

Ako ukazuje Tab.č.1 nárast počtu nových pripojených obyvateľov nedosahuje tempo pripojovania, ktoré bolo dosahované na prelome tisícročia. Toto tempo bolo dosahované vďaka stavbe kanalizačných sietí v mestách a ich aglomeráciách, kde bola vysoká hustota zaťaženia. Po odkanalizovaním území s vysokou hustotou osídlenia a území s vhodnou morfológiu terénu na stavbu klasickej gravitačnej kanalizácie sa tento trend pripojovania spomalil. Nové pripojované oblasti tak ležia na miestach, kde sa nachádza nízka hustota zaťaženia, nepriaznivé inžinierske a morfológické pomery, čo znižuje efektívnosť návrhu klasickej gravitačnej kanalizácie. Táto neefektívnosť je vyjadrená dĺžkou kanalizačného radu pripadajúcou na 1 pripojeného obyvateľa, ktorá od roku 2001 stúpila o 73%, pričom je predpoklad, že pripojovaním ďalších takýchto území sa bude toto číslo zvyšovať.



Obr.č.1.1 Percento obyvateľov bývajúcich v domoch pripojených na kanalizáciu v rôznych krajoch ČR v roku 2013 [5]

V týchto oblastiach sa tak použitie alternatívnych spôsobov odkanalizovania môže stať cestou dosiahnutia hospodárneho a technicky vhodnejšieho riešenia odvedenia odpadových vôd.

Alternatívne spôsoby odvádzania odpadových vôd sú:

- Tlaková kanalizácia
- Podtlaková kanalizácia
- Maloprofilová kanalizácia

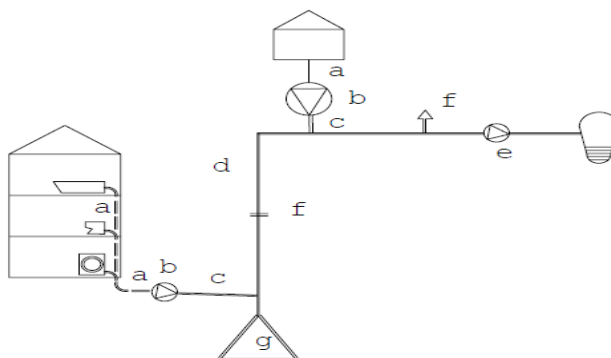
Tlakové odkanalizovanie je založené na princípe pretlaku vo vnútri vetvovej, alebo okruhovej potrubnej dopravnej siete. Dopravované splašky do systému dodávajú s vyvedením vnútorného pretlaku (cca 20 – 50 m v. stl.) čerpadlá umiestnené v čerpacích jímkach. Systém sa doporučuje pre ploché alebo mierne zvlnené územia. [1]

Tlaková kanalizácia sa skladá z týchto objektov (konštrukčných prvkov), funkčne zoradených po toku splaškov k ČOV alebo k miestu jej napojenia na gravitačnú sieť (Obr.č.1.2.):

- a) Domová kanalizácia a domová prípojka
- b) Domová čerpacia jímka
- c) Tlaková kanalizačná prípojka
- d) Tlakové kanalizačné rady

V prípade potreby sú doplnené o tieto objekty:

- e) Verejné čerpacie stanice – sú zaradené do siete v prípade členitejšieho terénu
- f) Objekty na tlakových kanalizačných radách (vzdušníky, kalníky, čistiacie vstupy, atď)
- g) Stanice tlakového vzduchu [1]



Obr.č.1.2 Schéma tlakovej kanalizácie [1]

V súčasnosti Český statistický úrad, Ministerstvo zemědelství ČR ani iná inštitúcia nevedie evidenciu o počte a dĺžke realizovaných tlakových kanalizácií na území Českej republiky. Podľa [15] bolo v ČR do súčasnosti zaznamenaných okolo 30 - 40 tlakových kanalizácií, avšak jedná sa len o skreslený odhad.

1.1 SÚČASNÝ STAV POZNANIA

V súčasnosti nie je veľké množstvo domácej literatúry a zdrojov, ktoré by sa zaoberali tlakovými kanalizáciami. V súčasnosti hlavná publikácia zaoberajúca sa problematikou tlakových kanalizácií je publikácia *Tlaková kanalizace* [1]. Táto publikácia popisuje fungovanie, základné prvky tlakovej kanalizácie a hodnoty akosti vody, ktorá je typická pre

tento systém odkanalizovania. Veľká časť publikácie sa venuje rešerši postupov výpočtu návrhového prietoku, ktorý je nutný pre návrh dimenzie tlakových potrubných radov.

Ako smerný predpis pre navrhovanie tlakových kanalizácií v ČR bola publikovaná norma ČSN EN 1671 *Venkovní tlakové systémy stokových sítí* [2], ktorá uvádza minimálne požiadavky pre návrh jednotlivých prvkov tlakovej siete. Tieto požiadavky sú vo veľkej miere formulované všeobecne a dávajú tým projektantom veľkú voľnosť pri návrhu.

Tieto všeobecné požiadavky sa snažia konkretizovať vodárenské spoločnosti a na základe svojich prevádzkových skúseností vo svojich technických štandardoch. Medzi veľké vodárenské spoločnosti, ktoré vo svojich štandardoch riešia problematiku tlakových kanalizácií patria napr. Pražské vodovody a kanalizace, Vodovody a kanalizace Hradec Králové, Vodovody a kanalizace Pardubice.

Zo zahraničných zdrojov je pre potreby ČR v popredí nemecká norma Standard ATV- A 116E; *Special Sewer Systems Vacuum Drainage Service – Pressure Drainage Service* [12], ktorá je obsiahlejšia v porovnaní s ČSN EN 1671. Obsahuje tiež postup výpočtu návrhového prietoku pre návrh dimenzií potrubí.

Výpočtu návrhového prietoku sa po svete venujú hlavne výrobcovia čerpadiel pre tlakové kanalizácie a rôzne environmentálne a inžinierske organizácie. Medzi používané postupy patria okrem zmienenej metódy ATV 116E napr. metóda Presskan opísaná v [1], metóda US EPA spomenutá vo *Wastewater Technology Fact Sheet: Sewer, Pressure* [6] a metóda E-ONE v *Low Pressure Sewer Systems Using Environment One Grinder Pumps* [16]. Matematické vyjadrenie niektorých racionálnych a pravdepodobnostných metód výpočtu uvádzajú Ryszard Blażejewski, Radoslaw Matz v *Design flows for pressure sewers*. [17].

Medzi zahraničné publikácie venujúce sa tlakovým kanalizáciám patrí *Design and use of pressure sewer systems* [18], ktorá pojednáva o skúsenostiach, prevádzke a údržbe tlakových stokových systémov. Ďalej sú to články od US EPA, ktorá je hlavnou environmentálnou organizáciou v USA a problematika odpadových vôd patrí pod jej kompetencie. Pod záštitou EPA bola v roku 1972 vykonaná demonštrácia tlakovej kanalizácie na 12 čerpacích staniciach po dobu 13 mesiacov. V publikácii *A pressure sewer system demonstration* [19] sú uvedené záznamy meraní a ich vyhodnotenia s popísanými poruchami a disfunkciami, ktoré počas demonštrácie nastali.

Tak ako aj v ČR aj vo svete si prevádzkové spoločnosti, resp. samosprávne celky bližšie určujú svoje požiadavky na návrh tlakovej kanalizácie. Takéto štandardy tak napríklad vydali metropolitná oblasť St. Louis (USA) [20], Wyandotte County a Kansas City (USA) [21] alebo Queensland Urban Utilities (AUS) [21].

1.2 CIELE PRÁCE

Cieľom práce bolo vyhodnotenie skúšobnej prevádzky tlakového stokového systému v obci Hrádek u Sušice. Vyhodnotenie bolo zamerané na prevádzkové chovanie tlakového systému, jeho prevádzkové parametre a na popis a príčiny porúch, ktoré sa na stokovej sieti počas skúšobnej prevádzky vyskytli. Za účelom zistenia chovania systému a príčin porúch bolo vykonané meranie a následná analýza tlakov na vybraných miestach tlakového systému.

2 TLAKOVÁ KANALIZÁCIA

Tlakové stokové siete (TSS) slúžia k doprave splaškových (domových) odpadových vôd, ktoré vznikajú v domácnostiach a komunálnych službách, nikdy však k odvádzaniu dažďového odtoku z dažďových (povrchových) vôd. TSS pozostáva buď z jedného tlakového potrubia (výtlaku) alebo rozvetvenej tlakovej potrubnej siete. Zdroje tlaku sú vždy umiestnené na začiatku tlakových potrubí (proti prúdu). Konečný hraničný bod systému (po prúde) je daný miestom, z ktorého celkový prietok pri atmosférickom tlaku vyteká jedným potrubím zo systému do recipientu, napr. do vstupnej šachty, gravitačnej stoky alebo črpacej jímky. [2]

TSS sú relatívne zložité a technologicky náročné systémy, ktorých použitie by malo byť obmedzené na prípady, kedy nie je možné odpadné vody odvádzat' gravitačne, alebo by gravitačné riešenie bolo ekonomicky nerentabilné. Chyby pri návrhu siete sa propagujú do neskorších prevádzkových problémov a ich odstránenie môže byť finančne náročné. [3]

Podmienky vhodné pre použitie alternatívneho odkanalizovania

- Rozptýlená zástavba (dedinského alebo vilového typu)
- Konfigurácia terénu
- Záujmové územie s niekoľko samostatnými povodiami so spoločnou ČOV
- Terasovitá zástavba, či iné široké ulice, kde by situácia vyžadovala súbeh dvoch gravitačných stôk
- Oblasti s nepriaznivými podmienkami pre zakladanie stôk (vysoká hladina podzemnej vody s agresivitou na konštrukčný materiál, skalné podložie v malej hĺbke, oblasti permafrostu, poddolované územia, atď.)
- Možnosť prevedenia stoky bezvýkopovým spôsobom
- Obmedzený priestor potrebný pre prevedenie stoky
- Vysoká hustota už položených inžinierskych sietí
- Iné prekážky (napr. vodné toky) [1]

Tab.č.2.1 Výhody a nevýhody tlakovej kanalizácie oproti konvenčnému odkanalizovaniu [6]

Výhody	Nevýhody
Nižšie náklady na materiál a výkopové práce	Vyššie náklady na prevádzku a údržbu
Nižšie náklady na čistiace kusy v porovnaní s revíznymi šachtami	Nutné pravidelné kontroly DČJ (ročné až trojročné intervaly)
Odstránenie infiltrácie balastnej vody	Nižšia životnosť
Je možné optimalizovať umiestnenie ČOV (nemusí byť v najnižšom mieste)	Nutné zaučenie používateľov, čo robíť v prípadoch poruchy a havárie
Celkový odber el. energie môže byť menší ako pri prevádzke centrálnej ČS	Výpadok prúdu môže viesť k nadmernému spusteniu črpadiel

2.1 POPIS SYSTÉMU TLAKOVEJ KANALIZÁCIE

Tlaková kanalizácia pozostáva z častí:

- Zberná jímka
- Čerpadlo
- Automatická tlaková stanica
- Tlakové potrubie
- Potrubné spoje
- Armatúry

[2]

2.1.1 Zberná jímka

Jímka, do ktorej pritekajú gravitačne odpadné vody. Táto jímka môže mať formu zbernej nádrže alebo zbernej šachty.

Na zbernú jímku môžu byť napojené jedna alebo viac budov. Maximálny počet napojených budov je obmedzený prietoknou kapacitou zdroja tlaku.

Podstatné prvky zbernej jímky:

- Odvetranie
- Dostatočné zásobenie elektrickou energiou
- Riadiace a poplachové zariadenie
- Snímače hladiny v zbernej jímke pre automatický chod čerpadiel
- Uzatváracie armatúry a spätné klapky k zamedzeniu spätného prietoku z tlakového systém

[2]

2.1.2 Čerpadlá

Čerpadlo je zariadenie osadené v zbernej jímke, ktoré vyvodzuje tlak pre dopravu odpadových vôd potrubným systémom.

Pre tlakovú kanalizáciu sa najčastejšie využívajú hydrodynamické odstredivé čerpadlá a hydrostatické (objemové) vretenové čerpadlá. [3]

Čerpadlá využiteľné pre TSS delíme:

- Podľa umiestnenia: čerpadlá do suchej jímky, čerpadlá do mokrej jímky
- Podľa konštrukcie: odstredivé, objemové
- Podľa vystrojenia: čerpadlá s rezacím vybavením, čerpadlá bez rezacieho vybavenia

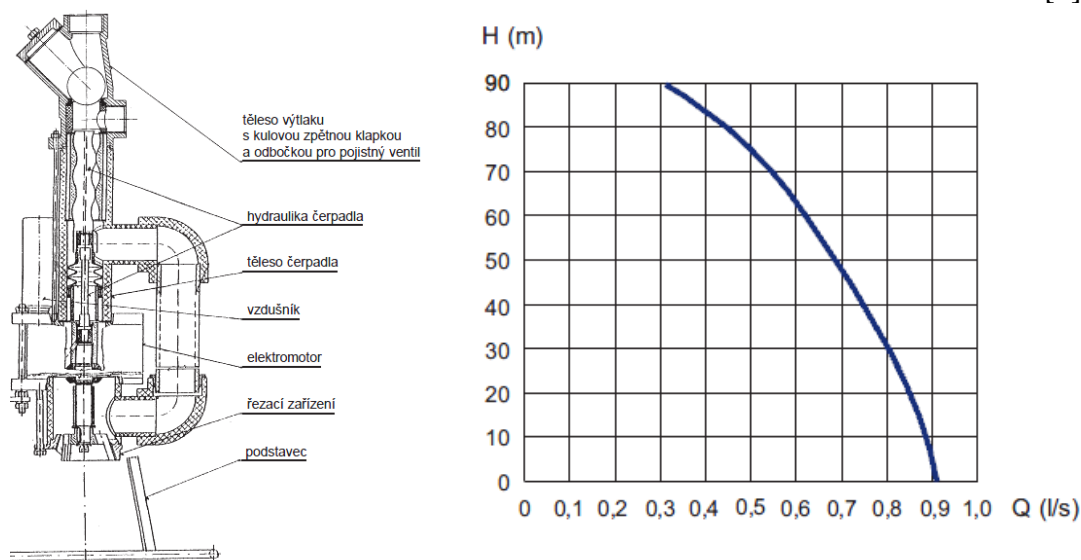
[1]

Hydrostatické vretenové čerpadlá

Jedná sa o hydrostatické axiálne objemové čerpadlá, ktoré sú inštalované ako ponorné, a ktoré sa vyznačujú strmou Q-H krivkou. Prakticky to znamená, že čerpaný prietok len relatívne málo závisí na dopravnej výške, resp. na aktuálnom tlaku vody v potrubí, do ktorého sa čerpá a mení sa iba v malom rozsahu. Pri hydraulickom výpočte sa preto u objemových

vretenových čerpadlách nahradzuje premenlivá hodnota čerpaného množstva konštantou. Celý hydraulický výpočet sa tým zjednoduší a prietok uzáverovým profilom sa získa jednoduchým vynásobením počtu spustených čerpadiel a konštantným čerpaným množstvom.

[3]



Obr.č.2.1 Objemové vretenové čerpadlo Sigma 5/4" Kador + charakteristika čerpadla

Odstředivé čerpadlá

Patria medzi lopatkové hydraulické stroje, ktoré premieňajú mechanickú prácu na kinetickú a ďalej na tlakovú energiu kvapaliny.

Odstředivé čerpadlá sú v posledných rokoch používané stále častejšie, čo prináša nové aspekty pri návrhu TSS.

Na rozdiel od objemových čerpadiel, majú plochú Q-H krivku a tým veľmi pružne reagujú na aktuálnu hodnotu tlaku vo výtlačnom potrubí, do ktorého čerpajú. Rozsah pracovných tlakov je užší ako u vretenových čerpadiel, a preto musia byť navrhnuté presnejšie. Pracovný bod každého odstředivého čerpadla v tlakovej stokovej sieti sa pohybuje v závislosti na aktuálnom tlaku v potrubí.

[3]

Pre odstředivé čerpadlá so strmšou Q-H krivkou platí, že majú plytké obežné kolo, menší počet lopatiek o väčšom obvode. Väčším priemerom obežného kola sa dosiahnu vyššie dopravné výšky.

[1]

Požiadavky na čerpadlá

Čerpadlá pre tlakovú kanalizáciu musia byť schopné pracovať určitý čas do uzavretého výtlačku, ktorý môže nastať pri zapnutí nadnávrhového počtu domových čerpadiel napr. po dlhšej odstavke elektrickej energie.

[1]

Niektoré čerpadlá sú schopné bežať nasucho v dlhom časovom intervale. Tento prípad nastáva pri zavzdušnení čerpadla alebo pri zlyhaní snímača hladina, čo má za následok nasatie vzduchu.

[1]

Ako ochrana pred poškodením čerpadla sa používajú tepelné ochrany, poisťovacie ventily a čidlá na meranie tlaku na výtlačku.

Automatická tlaková stanica

Služi na zabránenie nepriaznivých chemických a fyzikálnych procesov v TSS. Jedná sa o zamedzenie anaeróbných procesov a zabráneniu vzniku sedimentov.

2 spôsoby využitia tlakového vzduchu:

- Občasné prevzdušnenie odpadovej vody v potrubnej sieti (zabránenie anaeróbných podmienok)
- Výplach odpadnej vody tlakovým vzduchom (odstránenie sedimentov) [1].

Ak je tlakový vzduch nutný, osadí sa alebo pripojí automatická tlaková stanica na hornom konci (proti prúdu) toho úseku, ktorý potrebuje zlepšenie prietoku.

Automatické tlakové stanice môžu byť vybavené kompresormi, tlakovými nádobami a pretlakovými ventilmi, alebo kompresormi priamo napojenými na tlakové potrubie bez tlakovej nádoby. [2]

2.1.3 Potrubná sieť

Tlakové potrubie môže tvoriť okružnú sieť, vetvovú sieť alebo jeden rozvetvený výtlak.

Všeobecne sa tlakové potrubie ukladá tak, aby sledovalo povrch terénu do nezámrznej hĺbky s doporučenou výškou krytia 1,0 až 1,2 m.. Podľa potreby sa navrhujú výškové lomy. [1]

Tlakové potrubie musí podľa ČSN EN 1671 spĺňať nasledovné požiadavky:

- Tlakové potrubie musí byť vyrobené z nekorodujúcich materiálov, ktoré nie sú ovplyvniteľné kontaktom s odpadnými vodami, alebo ich plynmi
- Vnútorňý priemer tlakového potrubia musí odpovedať vnútornému priemeru hrdla výtlačného čerpadla
- V smere prúdenie nesmie dôjsť k zúženiu profilu
- Národné a miestne predpisy môžu predpisovať minimálne vnútorné priemery TSS a môžu byť ovplyvnené zvoleným typom zdroju tlaku
- Je potreba brať v úvahu, že môže dôjsť k upchaniu v zbernej jímke alebo v čerpadle v dôsledku sacích účinkov v potrubnom systéme (sifónový efekt)
- Tlakové potrubia v DČJ a v tlakovom systéme musia byť odolné prevádzkovému tlaku najmenej na 0,6 MPa
- Vo vrcholových výškových lomoch môže byť zariadenie pre odzdušnenie zavzdušnenie [2]

Minimálna prietočná rýchlosť

Je prietočná rýchlosť, ktorá je nutná k doprave pevných látok vo vode. Aby potrubie zostalo prietočné a neupchané, má byť prietočná rýchlosť dostatočne vysoká, takže piesok a iné pevné látky obsiahnuté v odpadných vodách sú odnášané, je zabránené usadzovaniu tukov vo vrcholoch potrubí a usadené látky sú späť strhávané a v suspenzií opäť odnášané.

Za účelom znižovania nebezpečenstva sedimentácie pevných látok musí byť dosiahnutá najmenej jedenkrát za 24 hodín minimálna prietočná rýchlosť $0,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Rýchlosti nižšie ako $0,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ môžu byť pripustené za predpokladu splnenia tejto podmienky. [2]

Ak nie je možné zaistiť minimálnu prietočnú rýchlosť $0,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ aspoň 1x za 24 hod je nutné uvažovať o použití tlakovzdušného systému k periodickému preplachovaniu TSS. [2]

Návrhový prietok

Cieľom návrhu tlakovej stokovej siete je určenie parametrov jednotlivých čerpadiel a návrh optimálnych dimenzií jednotlivých potrubí. Prvotnou úlohou je však stanovenie návrhového prietoku pre každý úsek TSS. Tento prietok nie je považovaný za neprekročiteľný. TSS má byť správne navrhnutá tak, aby bol každý úsek potrubia prepláchnutý aspoň 1 krát za deň rýchlosťou $0,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, aby nedochádzalo k zanášaniam potrubia sedimentom z odpadovej vody. Rýchlosti pri bežnej prevádzke by nemali presahovať $2,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, s ohľadom na prevádzkové náklady na čerpanie. Sieť musí zároveň umožniť súbežný chod určitého počtu čerpadiel pri bežných podmienkach. [3]

České technické normy neuvádzajú spôsob stanovenia tohto prietoku, preto sa v technickej praxi využíva niekoľko postupov: metóda úmerného prietoku (metóda PRESSKAN), postup podľa ATV - A 163E, Algoritmus EPA (US EPA), postup spoločnosti Environment One a mnohé ďalšie. [3]

Niektoré z postupov sú výsledkami výskumu, prípadne štandardizované technickou normou, niektoré sú iba technickým doporučením výrobcov technológie. [3]

V rámci predchádzajúcej bakalárskej práce (Macsek T., Navrhování tlakových stokových sítí [4]) bolo prevedené porovnanie týchto metód na reálnej TSS v ČR. Výsledky naznačujú akú veľkú rezervu vnášajú jednotlivé metódy do hydraulického výpočtu siete už vo fáze stanovenia návrhového prietoku. Porovnaním skutočne nameraných hodnôt časovej rady prietokov, ktoré boli štatisticky vyhodnotené, s výsledkami predikcie podľa jednotlivých postupov je zjavné, že rezerva sa pohybuje v rádoch stoviek percent v porovnaní s meranou hodnotou. Výsledný dopad na návrh siete je evidentný: predimenzovanie potrubia, nedostatočná samočistiaca schopnosť, dlhé doby zdržania vody v systéme. Ako výsledná hodnota návrhového prietoku z merania bola určená hodnota s pravdepodobnosťou neprekročenia 95%.

Tab.č.2.2. Porovnanie metód výpočtu návrhového prietoku pre tlakovú kanalizáciu v obci s 437 pripojenými obyvateľmi a s 148 ks čerpacích staníc s hydrostatickými vretenovými čerpadlami [4]

Metóda	Návrhový Prietok $Q_n [\text{l} \cdot \text{s}^{-1}]$	Odchýlka od meraného prietoku
Meraný prietok	1,20	-
Presskan	2,68	223 %
ATV - A163E	3,47	289 %
EPA	6,21	517 %
E-ONE	6,70	558 %

2.1.4 Potrubné spoje

Potrubné spoje musia vykazovať hladkú vnútornú plochu bez zúženia profilu, aby bolo zabránené usadzovaniu a upchávaniu. [2]

2.1.5 Armatúry

Armatúry na tlakovej stokovej sieti slúžia na reguláciu a zaistenie stabilnej prevádzky tlakovej stokovej siete.

Uzatváracie armatúry

Pre uľahčenie obsluhy a údržby, za účelom lokalizovania netesností a prevádzania opráv, sa musia osadzovať uzatváracie armatúry. [2]

Najčastejšie sú používané šúpatká (väčšinou s pogumovaným sedlom) , prípadne guľové uzávery. Klapky nie sú doporučované, pretože na hriadelí dochádza k zachytávaniu vláknitých nečistôt. [1]

Uzávery sú osadzované na odbočkách a vetveniach, pri prechode vodného toku, pred a za zónou nespevneného podlažia a v dlhých trasách po úsekoch 0,8 - 1,6 km. V uzloch sú navrhované zvyčajne 2 uzávery. [1]

Odvzdušňovacie a zavzdušňovacie ventily

V potrubí TSS je bežne prítomné podstatné množstvo plynov, ktoré sa do neho dostávajú z časti z atmosféry pri čerpaní, z časti vznikom plynov biologickými procesmi. Tieto plyny tvoria bubliny, ktoré sa držia v najvyšších miestach potrubia. Plynové bubliny zužujú prietochový profil a spôsobujú hydraulické miestne straty. Prúdením vody sú bubliny strhávané a spôsobujú pulzacie tlaku. Pri nevhodnom výškovom usporiadaní potrubia a absencií dostatočného množstva automatických od/zavzdušňovacích ventilov môžu spôsobiť trvalé prevádzkové problémy, pulzacie tlaku nerovnomernosť chodu čerpadiel a v konečnom dôsledku nedostatočnú hydraulickú kapacitu potrubia. [3]

Funkcia automatického zavzdušnenia je dôležitá pre elimináciu vzniku podtlaku v potrubí, ktorý je nežiadúci. Dochádza pri ňom k prisávaniu odpadnej vody z jímiek cez spätné klapky, ktorá potom prepúšťa. Vysoká hodnota podtlaku môže viesť ku vzniku rázu, vibráciám a hluku, mechanickému poškodeniu spätnej klapky a vzniku netesností a pretekaniu odpadovej vody späť do čerpacej jímky.

Spätná klapka

Spätná klapka sa umiestňuje do čerpacej jímky medzi čerpadlo a hlavný uzáver na výtlaku do siete. Cieľom je zabrániť spätnému nátoky odpadovej vody zo siete do čerpacej jímky, keď čerpadlo nečerpá.

2.2 POUŽÍVANÉ SYSTÉMY TLAKOVEJ KANALIZÁCIE

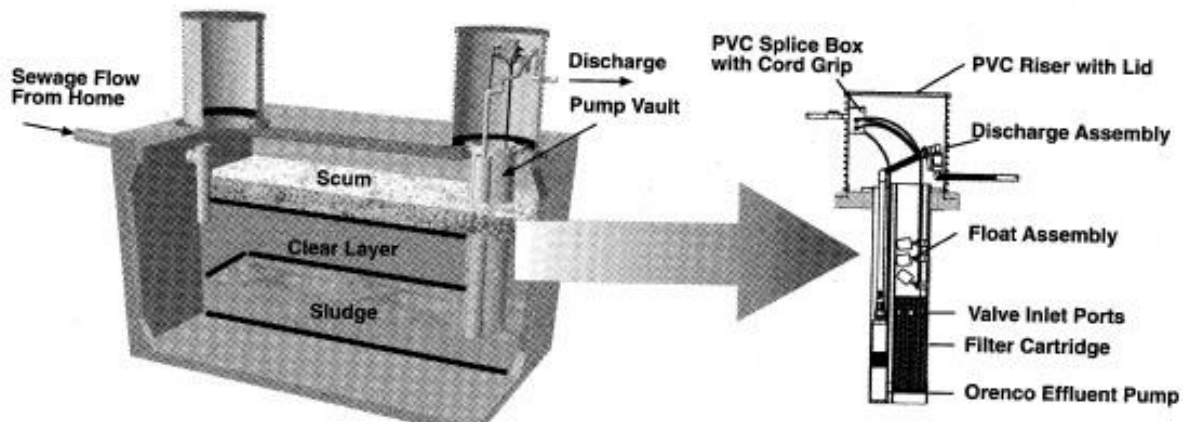
2.2.1 Systém mechanického predčistenia (SMP, STEP-septic tank effluent pump)

Jedná sa o systém predradených septikov, ktoré majú za úlohu zachytávať primárny kal a nečistoty- usaditeľné a plávajúce, ktoré by mohli napáchať škody na obežných kolách čerpadiel. Jedná sa o handry, plastové obaly, kusy potravín, vláknitý materiál atď. [1]

Čerpadlá používané pri SMP sú zvyčajne odstredivé čerpadlá, schopné dopravovať iba tie pevné častice, ktoré dokážu prejsť medzi lopatkami rotoru, poprípade výtláčnym hrdlom.[2]

Tým, že sa primárne odstraňujú látky v predradených septikoch, má to za následok zníženie hodnôt ukazovateľov znečistenia BSK₅ a NL.

Systém mechanického predčistenia sa však v dnešnej dobe nenavrhuje, kôli problémom s odstraňovaním primárneho kalu, nečistôt z DČJ a nárastom amoniakálneho dusíku pri anaeróbných procesoch v septiku. [1]



Obr.č.2.2 Systém mechanického predčistenia [6]

2.2.2 Meliaci systém (MS)

Čerpadlá v meliacom systéme sa vyznačujú predradeným rezným nástavcom, ktorý má za úlohu rozsekať pevné častice na riedku kašu, ktorá je schopná prejsť bez problémov čerpadlom a malými priermi tlakovej kanalizácie.

Existujú 2 spôsoby umiestnenia rezacieho zariadenia, a to uloženie vo vnútri (zapustené do vstupného hrdla), alebo uloženie vonku (predsunuté pred vstupné hrdlo).

Výhodou meliaceho systému oproti SMP je výrazne menší obstavaný objem a zároveň sa obmedzujú anaeróbne procesy v DČJ. Ako nevýhoda sa môžu javiť zvýšené hodnoty BSK₅ a NL. [1]

2.3 POPIS PRINCIPU

Tlaková kanalizácia je založená na princípe pretlaku vo vnútri vetvovej alebo okružnej potrubnej dopravnej sieti. Vnútorý pretlak vyvodzujú čerpadla umiestnené v DČJ. DČJ je umiestnená v blízkosti odvodňovaného objektu resp. objektov. [1]

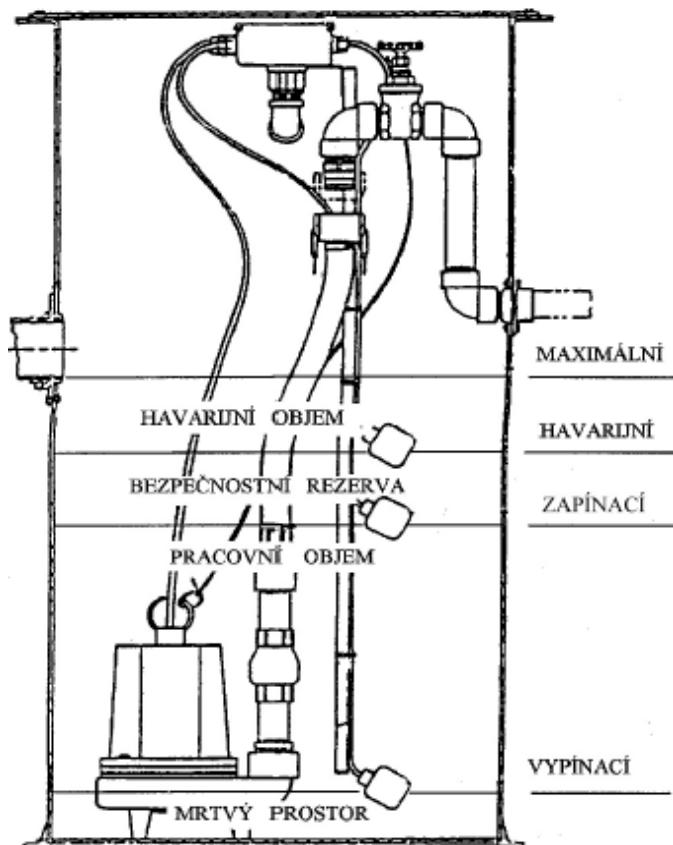
Prítok odpadovej vody do DČJ sa deje gravitačnou prípojkou. Čerpadlo je za bežného chodu riadené v závislosti na hladine vody v jímke (zapínacia a vypínacia hladina). Hladina pri ktorej dochádza k spätnému vzdutiu v gravitačných prípojkách je stanovená ako maximálna hladina a jej dosiahnutie je s predstihom hlásená na havarijnej hladine. [1]

Jednotlivé hladiny v DČJ oddeľujú tieto funkčné objemy:

- Pracovný objem: je objem medzi zapínacou a vypínacou hladinou, ktoré ovládajú čerpadlo. Frekvencia spínania má byť nastavená tak, aby nezmenšovala životnosť čerpadla
- Bezpečnostná rezerva: nachádza sa medzi zapínacou a signalizačnou hladinou. Služi ako vyrovnávajúca objemová rezerva pre pokrytie rozdielu medzi maximálnym prítokom a čerpaným množstvom v období špičky

- Havarijný objem: rezerva medzi havarijnou a maximálnou hladinou. Jeho veľkosť by mala korešpondovať s dobou plnenia jímky, za ktorú je prevádzkovateľ schopný odstrániť výpadok elektrického prúdu minimálne však 25 % denného splaškového prítoku.
- Mŕtvy priestor: je daný požadovanou výškou sacieho hrdla nad dnom jímky a prevýšením vypínacej (minimálnej) hladiny nad sacím hrdlom, tak aby čerpadlo nevytváralo vírovú depresiu a nenasávalo vzduch. Pri jeho stanovení je potrebné dodržať požiadavky výrobcu.

[1]



Obr.č.2.3. Schéma funkčných objemov DČJ [1]

2.4 POŽIADAVKY VYBRANÝCH VODÁRENSKÝCH SPOLOČNOSTÍ PRE NAVRHOVANIE TLAKOVEJ KANALIZÁCIE A ICH POROVNANIE S PLATNÝMI NORMAMI

Požiadavky vodárenských spoločností upresňujú a konkretizujú platné technické normy na základe svojich prevádzkových skúseností. Vodárenské spoločnosti ako zadávatelia projektov dávajú za povinnosť projektantom, aby boli pri návrhu dodržané, poprípade zmeny iba so súhlasom vodárenskej spoločnosti [4]

Vodárenské spoločnosti požadujú riešenie alternatívneho odkanalizovania územia iba v prípadoch, kde je gravitačná stoková sieť nemožná, ťažko uskutočniteľná alebo ekonomicky príliš nákladná. Variant alternatívneho odvodnenia musí byť posúdený nielen na investičné náklady ale hlavne na prevádzkové náklady, ktoré sú u alternatívnych spôsoboch mnohonásobne vyššie. [4]

Pri nemožnosti gravitačného riešenia kanalizácie sa uprednostňuje variant tvorený gravitačným radom zvedeným do najnižšieho miesta odkiaľ je odpadová voda je prečerpávaná do gravitačnej kanalizácie, prípadne priamo na ČOV.

Až pri nemožnosti resp. nehospodárnosti predchádzajúcej varianty sa pristupuje k alternatívnejmu spôsobu odkanalizovania, kde sa preferuje tlaková kanalizácia.

Tab.č.2.3. Vybrané požiadavky vodárenských spoločností na tlakovú kanalizáciu [4]

Mesto	Praha	Hradec Králové	Pardubice	ČSN EN 1671	ATV A 116E (1992)
Min. DN prípojky	DN 50, pri dĺžke >20 m min. DN 60	nešpecifikované	nešpecifikované	DN výtlačného hrdla	DN 80 pre čerpadlá bez meliaceho syst. DN 50 pre meliaci systém
Min. DN potrubného radu	DN 60	DN 80	nešpecifikované	DN výtlačného hrdla	DN 80 pre čerpadlá bez meliaceho syst. DN50 pre meliaci systém
Min. unášacia rýchlosť	$0,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	$0,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	nešpecifikované	$0,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	$0,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Materiál potrubného radu	Tvárna liatina, PE-HD, PE100 RC	PE, PP, PVC	Liatina, PE80, PE100 RC, PVC	nešpecifikované	PE-HD, PVC, GRP, tvárna liatina, oceľ
Min. sklon potrubného radu	0,3 %	0,3 %	nešpecifikované	0,2 %	nešpecifikované
Čerpadlá	Odstredivé s rez. zariadením, Objemové s rez. zariadením	nešpecifikované	Sigma EFRU 1¼"16-5-GU	nešpecifikované	Čerpadlá s rezným zariadením, čerpadlá bez rezného zariadenia
Priemer jímky	1,0 m	nešpecifikované	0,8 m	nešpecifikované	nešpecifikované

2.5 AKOŠŤ VODY V TLAKOVÝCH STOKOVÝCH SYSTÉMOCH

Spôsob odkanalizovania priamo súvisí s kvalitou odpadových vôd. Tlakový systém na rozdiel od konvenčného gravitačného je určený iba na odvádzanie splaškových odpadových vôd. Navyše sa jedná o uzavretý systém, pri ktorom neuvažujeme s infiltráciou, alebo natekaním balastných vôd do systému. Ďalšia špecifikácia tlakovej kanalizácií oproti konvenčnej je vytváranie anaeróbných podmienok v potrubnej sieti, vďaka zamedzeniu styku hladiny odpadových vôd so vzduchom a tým neumožnenie prestupu kyslíka do týchto vôd.

Rozdiely medzi ukazovateľmi akosti je tiež vidieť na zvolenom systéme tlakovej kanalizácie.

2.5.1 Odpadné vody z meliaceho systému

Pri meliacom systéme dochádza k rozomletiu hrubých nečistôt na jemné čiastočky, ktoré zvyšujú hodnoty koncentrácie znečistenia v odpadových vodách a môžeme očakávať hodnoty BSK₅ až o 25-50% vyššie ako pri mestských gravitačne odvádzaných vodách. [1]

Tomuto tvrdeniu zodpovedá meranie odpadových vôd z rôznych druhov kanalizačných systémov a boli preukázané vyššie koncentrácie znečistenia v surovej vode. Jedná sa o ukazovatele, ktoré sú ovplyvnené oxidačno-redukčnými procesmi v kanalizácií, teda BSK₅, CHSK, N-NH₄. Najväčší vplyv na tieto koncentrácie má skutočnosť, že dochádza k dlhodobému zdržaniu odpadovej vody v DČJ, pričom toto prostredie vytvára anaeróbné podmienky [7]

Tab.č.2.4 Porovnanie koncentrácií znečistenia (pozorované v USA) [1]

Parameter [mg·l ⁻¹]	Mestské vody (USA)		Meliaci systém		Sys. mech. predčistenia	
	Rozmedzie	Priemer	Rozmedzie	Priemer	Rozmedzie	Priemer
BSK ₅	110 - 400	220	150 – 600	255	90 – 200	150
NL	100 – 350	220	60 – 1000	260	40 – 100	80
CHSK	250 – 1000	500	300 – 1000	600	-	300
N-NH ₄ ⁺	12 – 50	25	35 – 70	40	30 – 40	35
N-TKN	20 – 85	40	35 – 140	60	7 -50	40
P _{celk}	4 - 15	8	2 - 30	12	-	7

Treba poznamenať, že uvedené hodnoty odpovedajú pre podmienky v USA, ktoré sa líšia od podmienok v ČR. Pre územie ČR sú koncentrácie znečistenia pre typické splaškové vody vyššie (napr. BSK₅ = 350 mg/l) a obdobne môžeme očakávať vyššie hodnoty aj u tlakovej kanalizácií. [1]

Tab.č.2.5 Meranie znečistenia odpadových vôd v podmienkach ČR (*grav. kan. = 764 EO, tlak. kan. = 672 EO, podtlak. kan. = 567 EO*) [7]

	BSK ₅ [mg·l ⁻¹]	CHSK [mg·l ⁻¹]	NL [mg·l ⁻¹]	N-NH ₄ ⁺ [mg·l ⁻¹]	N _{celk} [mg·l ⁻¹]	P _{celk} [mg·l ⁻¹]
Gravitačná kanalizácia	351.2	768.0	216.7	38.8	44.5	10.2
Podtlaková kanalizácia	496.5	916.7	523.5	104.4	129.1	15.8
Tlaková kanalizácia	749.8	1555.5	771.3	85.6	-	8.0

2.5.2 Odpadové vody zo systému s mechanickým predčistením

Odpadné vody tohto systému vykazujú nižšie koncentrácie organického znečistenia. Pre zmienené mechanické predčistenie sa uvádza koncentrácia 100-180 mg/l, miera odstránenia NL 70-90% a miera odstránenia tukov 70-90%. Tieto čísla platia pre dobre fungujúce systémy. V tomto systéme bola taktiež pozorovaná konverzia BSK₅ z pevných látok do rozpusteného BSK₅ v septickej nádrži. Tento jav neprebíha kontinuálne a môže byť doprevádzaný produkciou plynu. U SMP je nutné brať do úvahy pravidelné odstraňovanie usadených látok z predradeného septiku a ich spôsob zneškodnenia. [1]

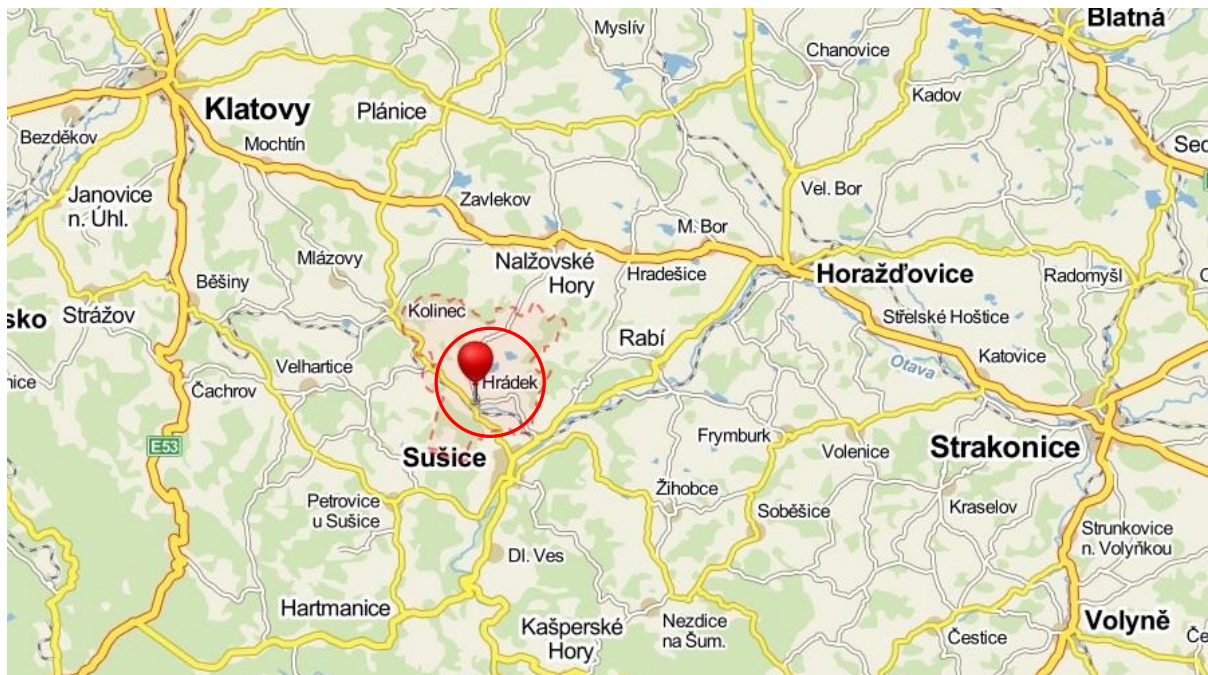
2.5.3 Zhrnutie

Odpadové vody na výstupe z tlakovej kanalizácie v porovnaní s odpadnými vodami na výstupe z gravitačnej splaškovej kanalizácie sa vyznačujú:

- Vyššími hodnotami koncentračného znečistenia
- Vyššou teplotou
- Objem dopravených odpadových vôd a tým aj doba zdržania sa v kanalizačnom systéme výrazne nemenia a majú stabilnejší charakter [7]

3 TLAKOVÁ KANALIZÁCIA V OBCI HRÁDEK U SUŠICE

Obec Hrádek (478 – 494 m n. m.) je lokalizovaná 4 km severne od mesta Sušice, okres Klatovy. Leží na predhorí Šumavy, v údolí riečky Ostružné. Katastrálna výmera je 3690 ha. V obci je trvalo prihlásených 1396 obyvateľov. Obec sa delia na časti: Hrádek, Tedražice, Odolenov, Zbynice, Čejkovy, Čermná a Kašovice. Na kanalizačný systém zakončený ČOV sú napojené časti Hrádek a Tedražice, čo je približne 900 obyvateľov. [14]



Obr.č.3.1. Lokalizácia obce Hrádek u Sušice (zdroj: www.mapy.cz)

3.1 POPIS TLAKOVEJ KANALIZÁCIE

V novembri 2012 bola postavená a spustená do prevádzky tlaková kanalizácia v časti Hrádek a Tedražice za účelom odvedenia a následného zneškodnenia splaškových odpadových vôd. Tlakový stokový systém sa skladá z dvoch samostatných tlakových stokových sietí, tj. jedna odvodňuje časť Hrádek, druhá odvodňuje časť Tedražice. Obe časti ústia do výustnej šachty na ČOV situované v časti Hrádek. Tlaková stoková sieť je postavená z potrubí PE s ochrannou vrstvou z PP a s integrovaným vyhladávacím vodičom s dimenziami DN/OD 63, 75, 90, 110, 160. Na tlakovú stokovú sieť sa napojujú domové čerpací jímky. Do DČJ sú odpadové vody z nehnuteľností dopravované gravitačne.

3.1.1 Potrubný rad

Na stavbu tlakových potrubných radov boli použité polyetylénové potrubia od výrobcu PIPELIFE Czech, s.r.o., typu SUPER PIPE PE100RC SDR17 v štandardnom prevedení a v prevedení ROBUST SUPER PIPE SDR17 s PP ochrannou vrstvou so zvýšenou odolnosťou proti šíreniu trhlín. Dimenzie sú v rozsahu DN/OD 63-160 v tlakovej rade PN 10.

Tab.č.3.1 Výpis délek potrubí v závislosti na dimenzií:

HRÁDEK		TEDRAŽICE	
DN/OD	délka [m]	DN/OD	délka [m]
d63	6696,3	d63	2733,0
d75	895,1	d75	644,7
d90	548,8	d90	617,5
d110	1046,8	d110	891,5
d160	288,6	d160	0
suma	9475,5	suma	4886,7

Situácie tlakových radov v jednotlivých častiach obce sú uvedené v prílohe č.2A (Hrádek) a v prílohe č.2B (Tedražice). Prehľadné synoptické vykreslenie vybraných pozdĺžnych profilov tlakovej stokovej siete sú uvedené v prílohe č.3A (Hrádek) a v prílohe č.3B (Tedražice).

Od/zavzdušňovací ventil

K od/zavzdušneniu tlakového potrubia sú na tlakových radoch inštalované automatické ventily FLOWJET od výrobcu JMA spol. s.r.o. Jedná sa o armatúru určenú pre použitie v odpadovej vode. Teleso armatúry je tvorené polyetylénom PE100 s vekom z korozivzdornej oceli. Pripojenie na tlakový rad je umožnený pomocou otočnej príruby. [8]

Armatúra má tri pracovné funkcie: [8]

- Odvzdušňovanie pri napúšťaní potrubia s veľkou kapacitou vzduchu
- Zavzdušňovanie pri vypúšťaní potrubia s veľkou kapacitou vzduchu
- Odvzdušňovanie behom prevádzky s malou kapacitou vzduchu (min. prac. pretlak je 0,01 MPa)



Obr.č.3.2 Automatický ventil FLOWJET[8]

3.1.2 Domové čerpacie jímky

DČJ slúžia k akumulácii pritečenej odpadovej vody a k následnému prečerpaniu tejto vody do verejného tlakového radu.

V obecnej časti Hrádek a Tedražice sa spolu nachádza 312 DČJ pre celkový počet obyvateľov 900. V dobe vyhodnotenia prevádzky (august 2013) tlakovej kanalizácie bolo pripojených celkovo 190 DČJ, čo činilo 61% pripojenosť.

Jímka je tvorená betónovými skružami DN1000 s hrúbkou steny 120mm, dno jímky je betónové monolitické s hrúbkou 0,75m.

Tab.č.3.2 Počet DČJ na jednotlivých tlakových radoch

	Počet DČJ	Délka radu
	[ks]	[m]
VA	40	1889.67
VA-1	18	454.73
VA 2	3	72.05
VA 3	8	236.29
VA 4	1	107.6
VA 5	5	249.4
VA 6	2	127.51
VA 7	26	1245.73
VA-7-1	6	225.85
VA-7-1-1	2	93.79
VA 8	1	62.95
VA 9	5	202.5
Σ	117	4968.07

	Počet DČJ	Délka radu
	[ks]	[m]
VB	66	2628.33
VB-1	3	113.96
VB-2	1	73.2
VB-3	1	31.98
VB-4	12	607.13
VB-4-1	2	87.58
VB-5	5	195.46
VB-7	16	514.02
VB-7-1	4	81.13
VB-8	4	174.68
Σ	114	4507.47

Spolu Hrádek 231 DČJ 9475.5m

	Počet DČJ	Délka radu
VC	17	1368.34
VC-1	28	1044.28
VC-1-1	6	205.67
VC-2	2	90
Σ	53	2708.29

	Počet DČJ	Délka radu
VD	22	1993.64
VD-1	2	60.31
VD-2	4	124.41
Σ	28	2178.36

Spolu Tedražice 81 DČJ 4886.7 m

Čerpadlá

V čerpacích jímkách sú inštalované ponorné kalové odstredivé čerpadlá s rezacím zariadením ORCUT TES 148 pre čerpanie odpadových vôd a fekálií.

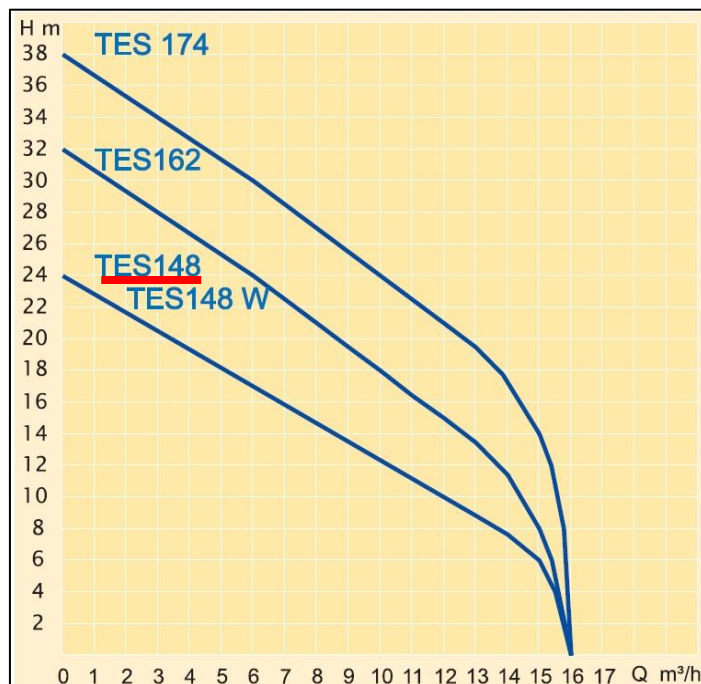
Dané čerpadlo je inštalované s uzavretým jednokanálovým obežným kolom. Čerpané médium je nasávané na spodnej strane krytu čerpadla otvormi v rezacom zariadení (Obr.č.3.3) a vystupuje po strane z výtlačného hrdla do trubkového vedenia.

Čerpadlá majú normálne nasávanie, čo znamená:

- rezacie zariadenie, obežné kolo a kryt čerpadla musia byť vždy ponorené do čerpaného média
- musí byť zabránené nasávaniu vzduchu
- beh nasucho a prevádza, pri ktorom dochádza k "srkaniu" je vylúčený, t.j. rezacie zariadenie a obežné kolo musia byť zatopené až k minimálnej hĺbke ponorenia

Technické údaje o čerpadle ORCUT TES 148 [10]:

Čerpané množství:	0 – 16 m ³ ·h ⁻¹ (4,44 l·s ⁻¹)
Dopravná výška:	24 – 0 m
Výkon motoru:	1,85 kW
Menovitý výkon:	1,50 kW
Napätie:	400 V, 3~
Menovitý prúd:	3,2 A
Hmotnosť:	34 kg



Obr.č.3.3 Odstředivé kalové čerpadlo ORCUT TES 148 a jeho charakteristika [10]

Chod čerpadla je automatický a je závislý na hladine vody v jímke. Rozdiel medzi zapínacou a vypínacou hladinou je nastavený na 12 cm, čo predstavuje pracovný objem 94 l. Pre prípady, že čerpadlo nie je využívané po dlhšiu dobu, je riadiaca jednotka čerpadla nastavená na spustenie čerpadla na 4 sekundy každých 24 hodín.

Riadiaci panel

K riadeniu chodu čerpadla je inštalovaná riadiaca jednotka ComControl CC1 – LCD , ktorá slúži k ovládaniu čerpadla, k vyhodnocovaniu výšky hladiny v DČJ a k vyhodnocovaniu prípadnej poruchy na čerpadle.

Riadiaca jednotka v automatickom režime spúšťa chod čerpadla na základe výšky hladiny odpadových vôd v DČJ, ktorá je snímaná pomocou plavákového snímača. Za pomoci panela sa dajú nastaviť tri stavy čerpadla: manuálne zapnutie, vypnutie a automatický chod.

Prídavný displej zobrazuje nasledovné veličiny: aktuálna hladina, počet motohodín, počet zapnutí čerpadla od jeho uvedenia do prevádzky.

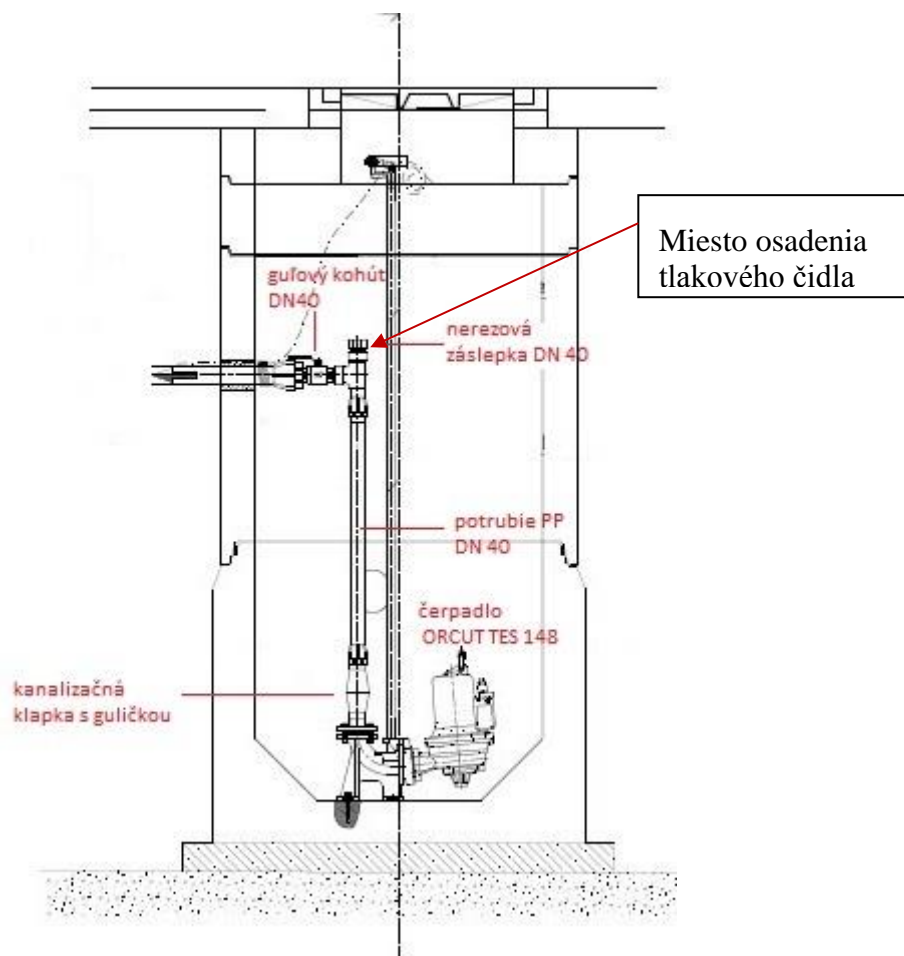


Obr.č.3.4 Riadiaci panel ComControl CC1 – LCD

Spätná klapka

Na výtlaku za čerpadlom je vertikálne inštalovaná kanalizačná klapka s guľičkou, ktorá má za úlohu zabrániť spätnému natekaniu odpadnej vody z tlakového radu do DČJ. Telo klapky je vyrobené z nerezovej oceli a tesniacej guľičky z EPDM pryže. Klapka je určená pre vertikálnu inštaláciu a uvádzaný minimálny protitlak je 1 bar (0,1 MPa) . Tesniaci efekt sa dosahuje dosadnutím pryžovej guľičky na nerezové sedlo vo vnútri klapky.

Schéma DČJ



Obr.č.3.5 Schéma domovej čerpacej jímky



Obr.č.3.6 Domová čerpacia jímka v obci Hrádek

4 VYHODNOTENIE SKÚŠOBNEJ PREVÁDZKY

Po dokončení výstavby jednotlivých tlakových stôk a ČOV bol systém v novembri 2012 spustený do skúšobnej prevádzky. Gravitačné kanalizačné prípojky vedúce z jednotlivých nehnuteľností boli postupne prepojené zo stávajúcich žump a septikov do nových DČJ, ktoré už boli všetky napojené na tlakový systém, vystrojené čerpacou technikou a plne funkčné. V čase vyhodnocovania skúšobnej prevádzky bol tlakový systém v prevádzke 8 mesiacov a pripojených bolo 190 z celkových 312 DČJ, čo približne zodpovedá 61% obyvateľov.

4.1 PORUCHY POČAS SKÚŠOBNEJ PREVÁDZKY

Počas týchto mesiacov skúšobnej prevádzky si niektorí vlastníci pripojených nehnuteľností, ale aj ešte nepripojených nehnuteľností (prípojka z nehnuteľnosti, nebola do DČJ napojená) všimli, že do ich DČJ z tlakovej stoky späťne pozvoľna a samovoľne nateká odpadová voda, čo viedlo k stúpaniu hladiny v DČJ a niekedy aj k častejšiemu spínaniu čerpadla v ich DČJ. Meranie hladiny je vyvedené do riadiacej jednotky každého čerpadla, ktorej integrovaný displej zobrazuje aktuálnu hladinu v DČJ s presnosťou na centimetre. Niektorí vlastníci si pohyb hladiny priebežne zaznamenávali a týmito svojimi sledovaniami argumentovali vedeniu obce svoje sťažnosti, ktoré viedli až k och neochote sa k novému tlakovému radu pripojiť.

Bližším skúmaním technológie vystrojenia pretekajúcich jímek bolo zistené, že voda sa do jímek vracala prietokom cez netesné spätné klapky. V niektorých DČJ dochádzalo k stúpaniu hladiny odpadných vôd i napriek tomu, že gravitačná prípojka z nehnuteľnosti nebola do tej doby napojená. Na túto skutočnosť najviac poukazoval majiteľ nehnuteľnosti č.p. 154 – časť Hrádek.

Ďalšia pozorovaná porucha, bola presne opačná. V niektorých DČJ bol pozorovaný pokles hladiny v DČJ bez toho aby sa zaplo čerpadlo. Toto tvrdenie potvrdilo počítadlo motohodín, resp. počítadlo zapnutí čerpadla, z čoho bolo zrejmé, že čerpadlo za zapne max. 1 krát za deň a v niektorých prípadoch, bolo toto zapnutie iba kvôli nastaveniu riadiacej jednotky na zapnutie čerpadla aspoň 1 x za deň po dobu 3-4 sekúnd. Ďalej bolo pozorované, že pri poklese hladiny pod úroveň sania čerpadla bolo počuť „sřkanie“. Z hľadiska majiteľa DČJ išlo o príjemnú záležitosť pretože jeho odpadové vody boli odvádzané bez toho aby sa zaplo jeho čerpadlo a tým odoberalo elektrickú energiu. Avšak z hľadiska technického ide o závažný problém. Príznaky nasvedčujú, že v tlakovej sieti vznikajú podtlaky, čo môže viesť k transportu hrubých veľkých nerozmelených nečistôt cez netočiace sa rezacie zariadenie a obežné kolo a následnému upchatiu domových tlakových prípojok alebo verejného tlakového radu (pozn.: počas obdobia merania sa vyskytla porucha na prípojke č.p.240- časť Hrádek z dôvodu jej upchatia a prípojka musela byť vysokotlakovo prepláchnutá. Táto porucha tak naznačovala vyššie spomínanú príčinu spojenú so vznikom podtlaku). Pri vysokých hodnotách podtlaku by navyše mohla byť narušená statická únosnosť potrubia materiálu, čo by viedlo k poruchám a nefunkčnosti systému.

S ohľadom na zistené skutočnosti boli prevedené nasledujúce kroky:

- Overenie tesniacej schopnosti spätnej klapky (kapitola 5)
- Plošný monitoring tlakov na stokovej sieti (kapitola 6)

4.2 VÝPOČET DOBY ZDRŽANIA

Doba zdržania výrazne ovplyvňuje akosť odpadových vôd, pretože v tlakovom stokovom systéme je predpoklad vzniku anaeróbných podmienok. Pre stanovenie doby zdržania je nutné vypočítať dielčie parametre ako celkový objem tlakovej stokovej siete a priemerný denný prietok.

Celkový objem tlakovej stokovej siete

Výpočet celkového objemu siete je základný parameter na výpočet doby zdržania odpadových vôd tlakovom systéme.

Tab.č.4.1 Výpočet objemu tlakovej stokovej siete

Pipelife Robust Super Pipe SDR17 [13]					
DN/OD	e_n [mm]	DN/ID	dĺžka [m]	A [m ²]	V [m ³]
63	3,8	55,4	9429,3	0,0024	22,73
75	4,5	66,0	1539,8	0,0034	5,27
90	5,4	79,2	1166,2	0,0049	5,75
110	6,6	96,8	1938,3	0,0074	14,26
160	9,5	141,0	288,6	0,0156	4,51
Σ					52,51 m³

Celkový objem tlakovej siete (V_{sys}) je 52,51 m³.

Denné objemy

Keďže na výustných potrubiach v koncovej šachte na ČOV nie je osadený prietokomer, je nutné zistiť objemy na meranom profile na odtoku z čistiarne. Pri prietoku čistiarnou dochádza k transformácii prietoku prítoku na odtok. Táto transformácia nám zabraňuje vyhodnocovať denný priebeh prietoku na sieti a sledovať maximálne hodinové prietoky. Avšak pre určenie priemerného denného prítoku (Q_{24}) sú tieto dáta použiteľné a dopúšťame sa pri nich iba zanedbateľnej chyby. Odtoky sú merané a zaznamenávané s periódou 5 minút.



Obr.č.4.1 Výustná šachta na ČOV

Vyhodnocované obdobie : od 1.7.2013 0:00 do 31.8.2013 24:00	(T=62 dní)
Kumulovaný objem na začiatku obdobia:	10740 m ³
Kumulovaný objem na konci obdobia:	15167 m ³
Rozdiel objemov za vyhodnocovacie obdobie (V _{odtok}):	4427 m ³
Priemerný denný prítok (Q ₂₄):	

$$Q_{24} = \frac{V_{odtok}}{T} = \frac{4427}{62} = 71,4 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1} \quad (1)$$

Priemerná doba zdržania odpadovej vody v sieti (θ):

$$\theta = \frac{V_{sys}}{Q_{24}} = \frac{52,51}{71,4} = 0,7354 \text{ dňa} = 17,65 \text{ hod} \quad (2)$$

V čase skúšobnej prevádzky sa doba zdržania v systéme pohybuje na hodnote 17,7 hodiny. Podľa normy ČSN EN 1671 nemajú odpadové vody v tlakových systémoch zostávať dlhšie ako 8 hodín, z dôvodu vzniku anaeróbných podmienok, ktoré sú sprevádzané tvorbou plynov napr. jedovatého sírovodíku. Sírovodík sa obvykle ako plyn uvoľňuje na konci tlakového potrubia, kde je atmosférický tlak. Plyn oxiduje v kondenzáte na stenách gravitačných stôk na kyselinu sírovú. Materiály nedostatočne odolné proti korózií môžu v takomto prípade korodovať. [2]

Napriek uvádzaným skutočnostiam však odpadové vody natekajúce na ČOV neprejavujú znaky anaeróbie. Odpadové vody nie sú sčernané (Obr.č.4.1) a ani nemajú hnilobný zápach, čo sú typické znaky pre anaeróbné vody.

Keďže systém je dimenzovaný na 100% pripojenie DČJ je nutné zhodnotiť dobu zdržania pri plnom pripojení. Toto zhodnotenie bude prevedené na aproximovaných denných objemoch z priemerného špecifického odtoku z DČJ.

Priemerný špecifický odtok na DČJ (q_{spec-DČJ}):

$$q_{spec-DČJ} = \frac{Q_{24}}{N_{DČJ}} = \frac{71,4}{190} = 0,376 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1} \quad (3)$$

Aproximovaný odhad denných objemov pri plnom pripojení DČJ

$$Q_{aprox 24} = q_{spec-DČJ} \cdot N_{DČJ-100\%} = 0,376 \cdot 312 = 117,3 \text{ m}^3 \cdot \text{den}^{-1} \quad (4)$$

Aproximovaná doba zdržania odpadovej vody v sieti pri plnom pripojení DČJ

$$\theta_{aprox} = \frac{V_{sys}}{Q_{24 \text{ aprox}}} = \frac{52,51}{117,3} = 0,4477 \text{ dňa} = 10,74 \text{ hod} \quad (5)$$

Výsledok aproximácií naznačuje, že aj po pripojení všetkých vybudovaných DČJ bude parameter zdržania odpadovej vody v systéme prekračovať normovú maximálnu dobu zdržania hodnotu 8 hodín. Z tohto dôvodu by na obmedzenie prípadných anaeróbných podmienok na sieti mali byť na horných koncoch hlavných tlakových radov (VA, VB, VC, VD) vybudované automatické tlakové stanice, ktoré napomôžu k udržaniu aeróbného stavu, čím sa zníži produkcia plynov a zápachu.

5 POKUS TESNOSTI SPÄTNEJ KLAPKY

V skúšobnej prevádzke sa vyskytuje problém spätného nátoku do DČJ. Je pravdepodobné, že je táto porucha spôsobená netesnosťou spätnej klapky, ktorá môže tkvieť v nedostatočnom pretlaku na jej tesniacu časť.

Podľa podkladov, ktoré sú ku klapke dostupné, je táto spätná klapka určená pre vertikálnu inštaláciu do systému tlakovej kanalizácie. Telo klapky je vyrobené z nerezovej oceli, guľička je vyrobená z dvoch zlepených pologulí z EPDM pryže.

Kanalizačná klapka s guľičkou slúži ako samočinný spätný uzáver, zabraňujúci spätnému prúdeniu prevádzkovaného média – vody čistej i znečistenej, mestské odpadové vody o teplotách do +40°C. Minimálny požadovaný pretlak je 1 bar.

Cieľom skúšky spätnej klapky bolo overenie jej funkčnosti pri pretlaku nižšom ako je 1 bar.

5.1 POPISY SKÚŠKY

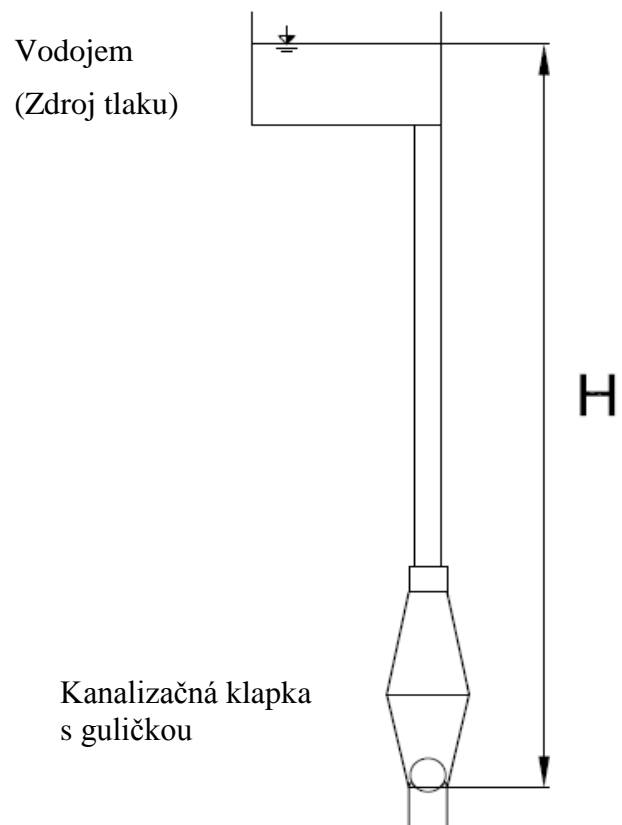
V laboratórnych podmienkach bola pre potreby skúšky vodotesnosti spätnej klapky vytvorená testovacia súprava, ktorá pozostáva z akumulácie nádoby, spätnej klapky a flexibilného potrubia. Ako zdroj hydrostatického tlaku je použitá akumulácia nádoba (vodojem), ktorá je prevýšená nad klapkou a je s ňou spojená flexibilným potrubím. Tlaková výška je menená zmenou polohy vodojemu nad klapkou. Tlaková výška vodného stĺpca H , daná rozdielom hladiny vody vo vodojeme a polohou tesniacej guľičky spätnej klapky, je meraná laserovým meracím zariadením.

5.2 SKÚŠKA VODOTESNOSTI SPÄTNEJ KLAPKY

Skúška vodotesnosti spočíva v meraní objemu čistej pitnej vody pretečeného klapkou za interval času (15 minút) pri konštantnom hydrostatickom tlaku. Pretečený objem bol zachytávaný do odmerného valca a následne prepočítaný na hodnotu prietoku $\text{ml} \cdot \text{hod}^{-1}$, resp. $\text{m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$.

Pri opakovaní pokusov dochádzalo k dvom javom:

- 1) Kanalizačná klapka prepúšťa vodu voľne a malým prietokom. Pretečená voda steká voľne po tele klapky pod atmosférickým tlakom. Tieto hodnoty boli vyhodnocované tak ako to je popísané vyššie.
- 2) Kanalizačná klapka preteká tlakovo, s vysokou energiou. Voda vplyvom netesnosti tryská z tesniacej časti klapky. Pri takejto netesnosti boli dosahované vysoké prietoky a hodnoty únikov vody boli až do $0,090 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$. Hodnoty z tohto typu netesnosti boli vylúčené z prvej časti skúšky.



Obr.č.5.1 Schematické zobrazenie pokusu

Druhý pozorovaný jav nastával pri meraných hodnotách pretlaku častejšie ako prvý. Táto skutočnosť predstavuje veľký problém z hľadiska mnohonásobne väčšieho objemu uniknutej vody ako tomu bolo v prvom prípade. Toto tryskanie je pravdepodobne spôsobené nesprávnym dosadnutím tesniacej guľičky, čo vytvára nedostatočnú redukciu tlaku tryskanej vody. Z tohto dôvodu bolo nutné vykonať druhú skúšku, ktorou sa otestovala spoľahlivosť uzavretia spätnej klapky.

5.3 SKÚŠKA SPOĽAHLIVOSTI UZAVRETIA SPÄTNEJ KLAPKY

Druhá skúška spočívala v skúške správneho dosadnutia tesniacej guľičky na tesniacu hranu pri rôznych hydrostatických tlakoch. Bolo simulované nadvihnutie guľičky (ako vplyv spustenia čerpadla) a jej dosadnutie na hranu a dotesnenie otvoru. Vyhodnotená bola spoľahlivosť funkcie klapky, ktorá bola definovaná ako pravdepodobnosť správneho dosadnutia tesniacej guľičky (nedochádzalo k tryskaniu). Výsledok je vyjadrený percentom počtu správnych dosadnutí z celkového počtu pokusov pri danom tlaku.

5.4 VÝSLEDKY SKÚŠKY VODOTESNOSTI KANALIZAČNEJ KLAPKY

V pokusoch sa potvrdil predpoklad, že pri pretlaku nižšom ako je 1 bar nie je klapka vodotesná a prepúšťa. Množstvo pretečenej vody je tým väčšie, čím menší hydrostatický tlak na klapku pôsobí (Tab.č.5.1, Obr.č.5.2). Počas merania bolo zistené, že hodnota hydrostatického tlaku taktiež ovplyvňuje správne dosadnutie tesniacej guľičky na tesniacu hranu spätnej klapky. Táto spoľahlivosť rapídne klesá so zmeňujúcim sa pretlakom (Obr.č.5.3).

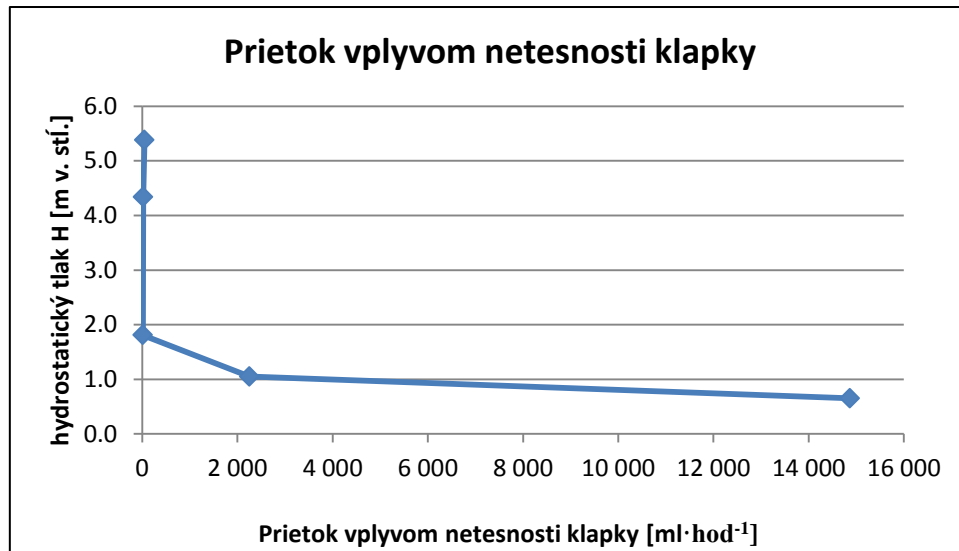
Výsledky laboratórneho pokusu znázorňuje nasledujúca tabuľka hodnôt a grafy.

Tab.č.5.1 Priemerné hodnoty prietoku (netesnosť klapky) a spoľahlivosť funkcie klapky pri rôznych hodnotách pretlaku

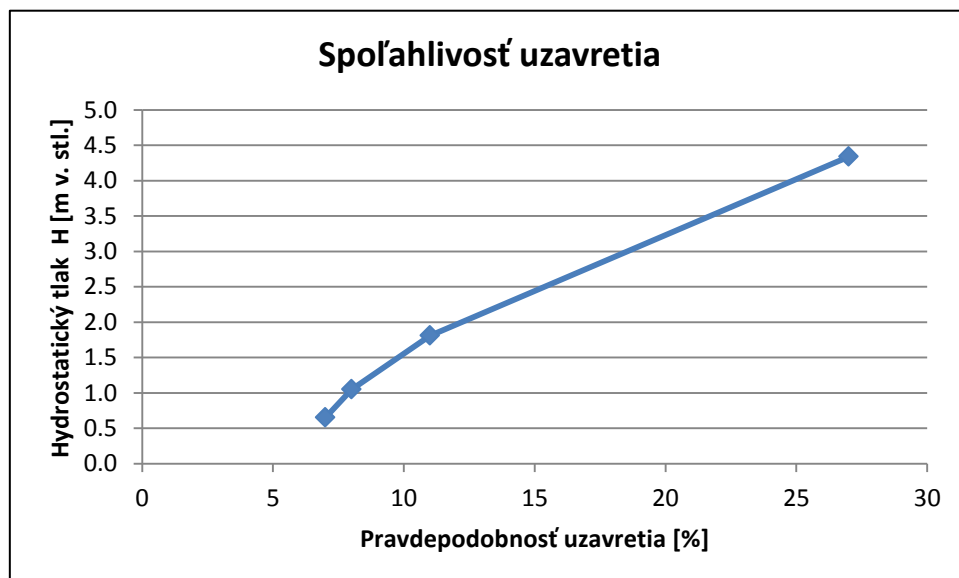
Pretlak H	Prietok vplyvom netesností	Prietok vplyvom netesností	Spoľahlivosť uzavretia
[m v. stl.]	[ml·hod⁻¹]	[m³·hod⁻¹]	[%]
5,38	46	0,000046	nebolo testované
4,34	19	0,000019	27
1,81	15	0,000015	11
1,05	2 254	0,002254	8
0,65	14 864	0,014864	7

Pozn.: pri nesprávnom dosadnutí tesniacej guľičky bol nameraný prietok až 0,090 m³·hod⁻¹.

Z Tab.č.5.1 je zjavné, že napr. pri pretlaku vody 4,34 m v. stl. Je priemerná hodnota prietoku okolo tesniacej guľičky 19 ml za hodinu. Pri takomto pretlaku je pravdepodobnosť 27%, že po vypnutí čerpadla dosadne guľička v klapke správne a otvor dotesní. S pravdepodobnosťou 73% dosadne guľička nesprávne a prietok vplyvom netesností bude rádovo v desiatkach litrov za hodinu.



Obr.č.5.2 Priemerné hodnoty prietoku pri rôznych hodnotách pretlaku



Obr.č.5.3 Pravdepodobnosť úspešného dotesnenia pri rôznych hodnotách pretlaku

5.5 ZÁVER Z POKUSU

Na základe prevedeného pokusu je zrejmé, že spoľahlivá funkcia spätnej klapky vyžaduje dostatočný pretlak v stokovej sieti. Bolo overené, že pri tlakoch od 1,0 bar už klapka tesní spoľahlivo. Pri tlakoch menších než 1 bar je spoľahlivosť funkcie klapky závislá na správnom dosadnutí tesniacej guľičky na nerezovú tesniacu hranu klapky. Tesniaca pryžová guľička je zložená z dvoch poglobúl, ktorá má rôznu stlačiteľnosť v smere ševu (lepenia) a inú v smere kolmom na šev. Táto rôzna stlačiteľnosť pryžovej guľičky spôsobuje nedokonalosť guľového tvaru tesniacej guľičky. Ak dosadne guľička na hranu ševom, nedostatočný pretlak vody v tlakovej kanalizácii nedokáže cez spoj guľičku dokonale pritlačiť a dochádza k úniku vody.



Obr.č.5.4 Tesniaca guľička z EPDM pryže

6 MERACIA KAMPAŇ

Meracia kampaň bola realizovaná v období júl - august 2013. V tomto období bol na vybraných DČJ na výtlaku kontinuálne sledovaný tlak. Frekvencia merania bola nastavená 1 s. a priemerná dĺžka merania na jednom mieste 5 dní. Pred začatím merania boli vytypované vhodné lokality na nainštalovanie meracích čidiel, tak aby v dostatočnej miere pokryli situačne a výškovo celý systém s ohľadom na problémové miesta. Celkovo bolo zvolených 9 meracích miest v časti Hrádek a 5 meracích miest v časti Tedražice. Vykreslenie meracích miest sú uvedené v prílohách 2A a 2B.

6.1 SPÔSOB MERANIA TLAKU

Na meranie tlaku bol používaný tlakový senzor CDL-DS 2U spoločnosti SENSUS Metering Systems. Na záznam nameraných hodnôt bolo použité zariadenie Cosmos-Data-Logger CDL-2U.

Snímač je možno používať k snímaniu tlaku kvapalín a plynov, ktoré nepoškodzujú nerezovú oceľ. Merané veličiny sú relatívne vzhľadom k atmosfére. Tlakový senzor je navrhnutý na meranie v rozsahu tlakov 0 až 10 bar so schopnosťou zachytiť podtlak v rozsahu teplôt 0°C až 85°C. Výrobca uvádza max. odchýlku merania $\pm 0,5\%$ z maximálneho rozsahu, čo v prípade používaného senzoru činí max. $\pm 0,05$ bar. [11]



Obr.č.6.1 Tlakový senzor CDL-DS 2U

Snímače sú inštalované v domovej čerpacej jímke za čerpadlom a guľovým spätným ventilom a pred uzatvárací guľový kohút na mieste nerezovej záslepky DN40 (Obr.č.3.5).

Použitý data-logger je mobilné zariadenie na záznam analógových a pulzných hodnôt z tlakového radu. Vyhodnotenie dát sa vykonáva pomocou počítačového software-u CDLWin 3.41. Data-logger je vybavený troma nezávislými pamäťami na záznam denných hodinových a detailných hodnôt. Použitý data-logger bol vybavený pamäťami o veľkosti 256kB. Data-logger je tiež vybavený alfanumerickým LC- displejom pre zobrazenie hodnôt a parametrov (nastavené hodnoty, okamžité hodnoty, hodnoty maxima a minima, stav batérie), prepínateľný reed kontaktom. [11]

6.2 ZBER ÚDAJOV O PREVÁDZKE ČERPADIEL

Pre celkový obraz fungovania tlakovej kanalizácie je nutné vedieť prevádzkové údaje jednotlivých čerpadiel. V práci sú vyhodnocované pracovné údaje čerpadiel za dobu umiestnenia meracích čidiel v jímke. Sledujú sa veličiny ako počet zapnutí čerpadla a odpracované motohodiny. V súčinnosti s meraním tlakov sa tiež vyhodnocuje maximálny čerpaný tlak, priemerný čerpací tlak a dĺžka čerpania a pracovné body vybraných čerpadiel.

Údaje o spínaní čerpadiel a odpracovaných motohodinách sú odčítavané z riadiaceho modulu, ktorým je vybavená každá domová čerpacia jímka. Tieto hodnoty boli zaznamenávané pri inštalácii a odinštalácii tlakových čidiel z DČJ. Tieto hodnoty sú uvedené v Tab.č.6.1.

Tab.č.6.1 Záznam jednotlivých meraní

Miesto	Číslo loggeru	Číslo záznamu	Popisné číslo domu	Úsek	Dátum osadenia snímača tlaku	Dátum odobrania snímača tlaku	Začiatok merania	Počet zapnutí zač.	Počet zapnutí koniec	Motohod. začiatok	Motohod. koniec
--------	---------------	---------------	--------------------	------	------------------------------	-------------------------------	------------------	--------------------	----------------------	-------------------	-----------------

HRÁDEK

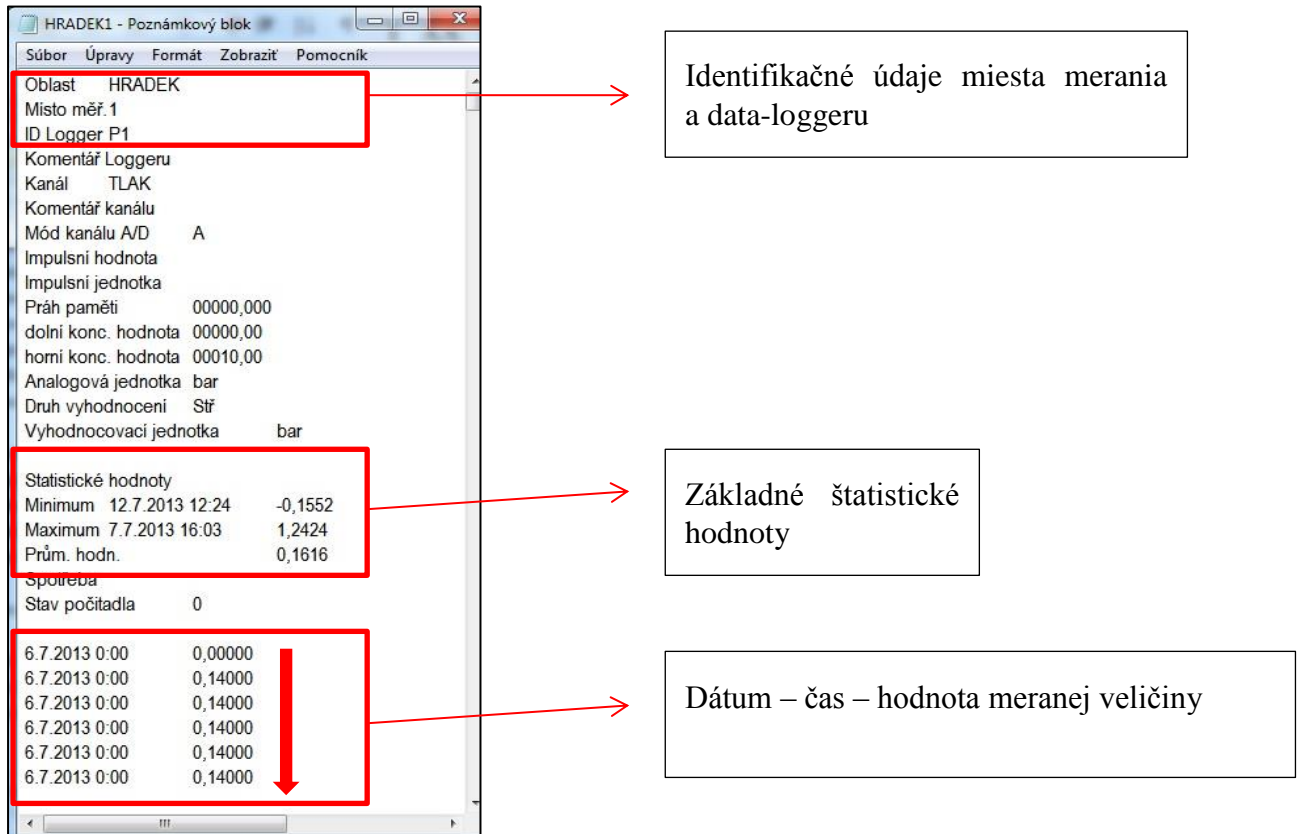
A1	P1	1	78	VB	4.7.2013	12.7.2013	6.7.2013 0:00	244	-	1.3	1.38
A2	P2	2	126	VB	4.7.2013	12.7.2013	6.7.2013 0:00	-	165	-	0.48
A3	P3	3	123	VB7-1	4.7.2013	12.7.2013	6.7.2013 0:00	-	-	-	-
B1	P1	4	204	VA7	12.7.2013	29.7.2013	13.7.2013 0:00	191	244	2.42	3.16
B2	P2	5	171	VA9	12.7.2013	29.7.2013	13.7.2013 0:00	462	499	5.3	5.72
B3	P3	6	248	VA	12.7.2013	29.7.2013	13.7.2013 0:00	520	551	5.47	5.77
C1	P1	7	70	VB4	29.7.2013	7.8.2013	30.7.2013 0:00	255	264	1.95	1.98
C2	P2	8	39	VA	29.7.2013	7.8.2013	30.7.2013 0:00	451	465	4.94	5.08
C3	P3	9	93	VA	29.7.2013	7.8.2013	30.7.2013 0:00	946	969	13.89	14.18

TEDRAŽICE

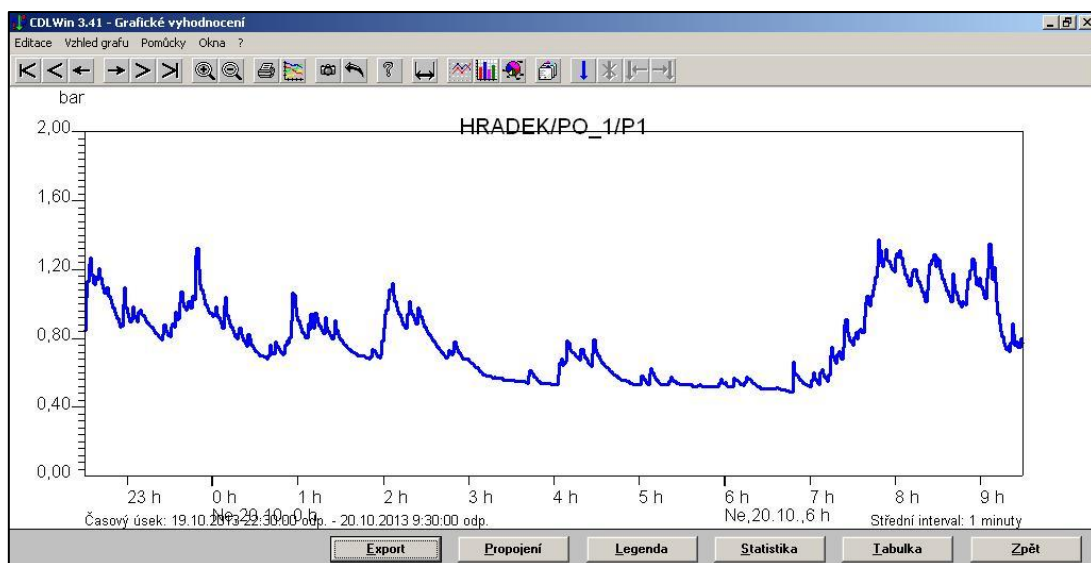
D1	P1	10	72	VC	7.8.2013	12.8.2013	8.8.2013 0:00	319	347	2.36	2.71
D2	P2	11	51	VC	7.8.2013	12.8.2013	8.8.2013 0:00	360	382	4.36	4.71
D3	P3	12	13	VC1	7.8.2013	12.8.2013	8.8.2013 0:00	234	240	2.13	2.2
E1	P1	13	60	VD	12.8.2013	19.8.2013	13.8.2013 0:00	302	319	6.59	6.98
E2	P2	14	57	VD	12.8.2013	19.8.2013	13.8.2013 0:00	729	759	11.23	11.7

6.3 SPRACOVANIE NAMERANÝCH HODNÔT TLAKU

Výsledky meraní sú stiahnuté z data-loggerov pomocou príslušného softwaru CDLWin. 3.41. Pomocou tohto softwaru je možné exportovať dáta do potrebných formátov, zobrazovať priebehy nameraných veličín a zobrazenie niektorých štatistických vlastností meraného súboru.



Obr.č.6.2 Výstup dát z programu CDLWin 3.41. vo formáte .txt



Obr.č.6.3 Zobrazenie priebehu tlaku v programe CDLWin 3.41

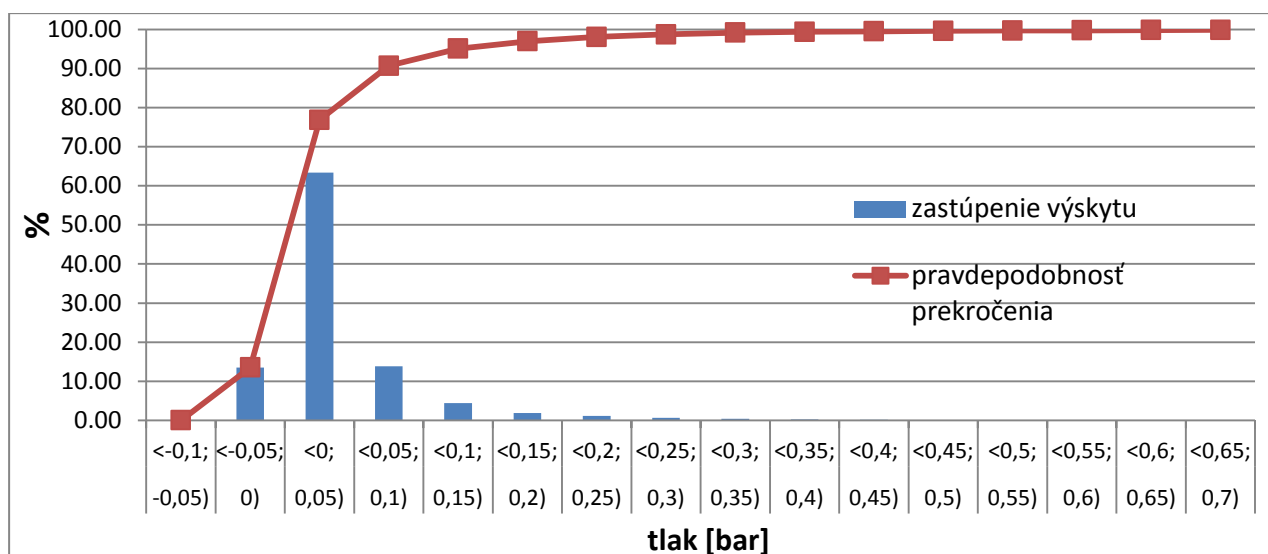
Z každého merania je nazbieraných od 300 000 do 700 000 hodnôt tlaku. Takýto súbor dát je príliš veľký na adekvátne grafické zobrazenie zmeny tlakov v tlakovom potrubí, a preto je vhodnejšie vykresľovať iba časové úseky, ktoré nám podajú informácie o chovaní siete. Namerané veličiny sú náhodné a na sebe nezávislé. Závislé sú iba od aktuálnej hodnoty tlaku v danom čase, ktorá je závislá na zaplnení tlakového radu, množstve spustených čerpadiel popr. na množstve nasávaného vzduchu cez za/odvzdušňovacie ventily.

Pre vyhodnotenie tesniacej účinnosti spätných klapiek potrebujeme vedieť v akých hodnotách tlakov sa tlaky na stokovej sieti pohybujú a ako dlho tieto hodnoty trvajú. Keďže v každu sekundu je na sieti iná hodnota tlaku, ktorá nezáleží na predchádzajúcej nameranej hodnote, nie je vhodné namerané hodnoty prekladať normovanými pravdepodobnostnými krivkami.

Lepšou a použitou alternatívou je rozdelenie hodnôt do intervalov a následne zistiť početnosť hodnôt v každom intervale. Z početnosti je potom možné vyhodnotiť percentuálne zastúpenie intervalu hodnôt počas meraného úseku.

Tab.č.6.2 Rozdelenie hodnôt do intervalov a výpočet pravdepodobnosti hodnoty intervalu pre A3

Interval [bar]		Absolútna početnosť	Pravdepodobnosť intervalu [%]	Kumulatívna početnosť	Pravdepodobnosť prekročenia [%]
<-n	-0,15)	0	0,00	0	0,00
<-0,15	-0,10)	0	0,00	0	0,00
<-0,10	-0,05)	0	0,00	0	0,00
<-0,05	0,00	37961	13,52	37961	13,52
<0,00	0,05)	177858	63,34	215819	76,86
<0,05	0,10)	38884	13,85	254703	90,71
<0,10	0,15)	12283	4,37	266986	95,08
<0,15	0,20)	5303	1,89	272289	96,97
<0,20	0,25)	3137	1,12	275426	98,09
<0,25	0,30)	1867	0,66	277293	98,75
<0,30	0,35)	1226	0,44	278519	99,19
<0,35	0,40)	553	0,20	279072	99,39
<0,40	0,45)	408	0,15	279480	99,53
<0,45	0,50)	296	0,11	279776	99,64
<0,50	0,55)	218	0,08	279994	99,72
<0,55	0,60)	178	0,06	280172	99,78
<0,60	0,65)	178	0,06	280350	99,84
<0,65	0,70)	159	0,06	280509	99,90
<0,70	0,75)	126	0,04	280635	99,94
<0,75	0,80)	67	0,02	280702	99,97
<0,80	0,85)	52	0,02	280754	99,99
<0,85	0,90)	19	0,01	280773	99,99
<0,90	0,95)	8	0,00	280781	100,00
<0,95	1,00)	3	0,00	280784	100,00
<1,00	1,05)	2	0,00	280786	100,00
<1,05	1,10)	3	0,00	280789	100,00
<1,10	1,15)	1	0,00	280790	100,00
<1,15	1,20)	1	0,00	280791	100,00
<1,20	1,25)	1	0,00	280792	100,00
<1,25	+n)	0	0	280792	100,00



Obr.č.6.4 Grafické znázornenie pravdepodobnosti výskytu intervalu a pravdepodobnosť prekročenia pre miesto merania A3

6.4 VYHODNOTENIE NAMERANÝCH HODNÔT

Vyhodnotenie meraní pre jednotlivé DČJ sú sumarizované v liste protokolu pre každé meracie miesto. Každý list v hlavičke obsahuje základné popisné údaje o mieste merania, informácie o nastavení data-loggerov a obdobie merania. Výsledky monitorovania tlakovej kanalizácie sú zobrazené v dvoch grafoch (histogram meraných tlakov, priebeh tlakov pri čerpaní čerpadla) a v bunkách tabuľky, ktoré obsahujú:

Priemerný tlak na začiatku čerpania

Hodnota je výsledkom spriemerovania tlakov pri spustení čerpadla za merané obdobie.

Priemerný tlak na konci čerpania

Hodnota je výsledkom spriemerovania tlakov na konci čerpania za merané obdobie.

Priemerný tlak pri čerpaní

Hodnota je výsledkom spriemerovania priemerných tlakov pri jednotlivých čerpaniach.

Priemerná doba čerpania

Hodnota je priemerná doba čerpania za merané obdobie. Vypočíta sa ako podiel rozdielu motohodín na začiatku meraného obdobia a na jeho konci, ku rozdielu počtu zapnutia čerpadla za merané obdobie.

$$\phi t = \frac{Mh_{kon} - Mh_{zač}}{N_{kon} - N_{zač}} \quad (6)$$

Kde: Mh – počet motohodín

N – počet zapnutí

Frekvencia čerpania

Frekvencia čerpania je vyjadrená podielom počtu zapnutia čerpadla za sledované obdobie ku celkovému času sledovaného obdobia [deň^{-1}].

Počet motohodín čerpadla na konci merania

Počet motohodín čerpadla od začiatku prevádzky čerpadla po koniec odinštalovania čidla.

Minimálny tlak

Minimálny tlak nameraný za sledované obdobie

Maximálny tlak

Maximálny tlak nameraný za sledované obdobie. Dosiadnutý pri spustení čerpadla.

Priemerný tlak

Priemerný tlak nameraný za sledované obdobie

Výskyt podtlakov

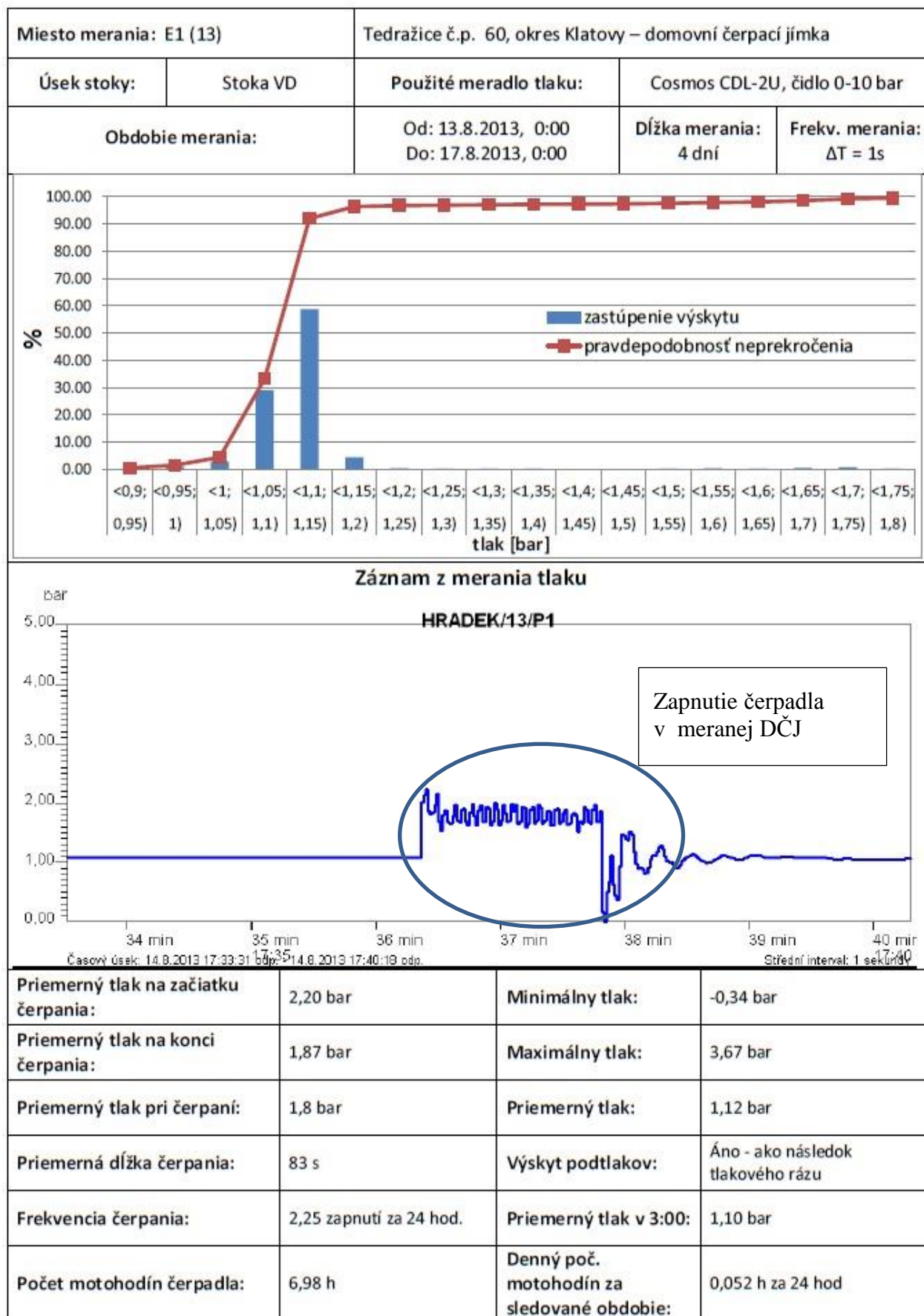
ANO/NIE, pri výskyte podtlaku sa rozlišuje či k nemu dochádza iba pri hydraulickom ráze pri spustení a vypnutí čerpadla, alebo nastáva dlhodobá situácia podtlaku na sieti.

Priemerný tlak v čase 3:00 ráno

V čase 3:00 ráno by mal byť nátok do DČJ minimálny, takže by nemalo dochádzať k častému zapnutiu čerpadiel, čo by malo viesť ku stabilným tlakovým pomerom na tlakovej kanalizačnej sieti.

Denný počet motohodín za sledované obdobie

Hodnota vyjadruje priemerný počet motohodín za jeden deň za sledované obdobie. Spočítaná je ako podiel rozdielu motohodín na začiatku a na konci sledovaného obdobia ku celkovému času sledovaného obdobia [$\text{Mh} \cdot \text{deň}^{-1}$].



Obr.č.6.5 Výsledný list protokolu merania z meracieho miesta E1

Tlakový systém v obci Hrádek u Sušice je rozdělený na dva samostatné systémy: Hrádek a Tedražice. Z tohoto důvodu je potřebné vyhodnotit tyto údaje separátne.

6.4.1 Pracovné body vybraných čerpadiel

Pre potreby vyhodnotenia prevádzky tlakového systému boli vypočítané pracovné body vybraných čerpadiel. Boli vybrané dve čerpadlá v časti Hrádek (A3, B1), jedno čerpadlo pre Tedražice-sever (D1) a jedno pre čerpadlo Tedražice-juh (E1).

Pre určenie pracovného bodu čerpadla je nutné určiť čerpané množstvo a dopravnú výšku čerpadla .

Čerpané množstvo

Priemerné čerpané množstvo je možné vypočítať ako podiel pracovného objemu k priemernému času čerpania.

$$Q_{\text{č}} = \frac{V_{\text{prac}}}{\phi t} [l \cdot s^{-1}] \quad (7)$$

Kde: V_{prac} – pracovný objem (94 l)

Φt – priemerná doba čerpania [s]

Dopravná výška čerpadla

Výpočet dopravnej výšky závisí na priemernom nameranom tlaku v mieste osadenia čidla, prevýšení čidla nad čerpadlom a tlakovou stratou vyvolanou prúdením kvapaliny.

Priemerný nameraný tlak H_{tlak}

je vyhodnotený podľa 6.3. *Priemerný tlak pri čerpaní* a je uvedený v liste merania, pre príslušné miesto merania.

Prevýšenie tlakového čidla nad čerpadlom ΔH

je v každej čerpacej jímke konštantné 1,0 m.

Tlaková strata H_z

Tlaková strata sa skladá zo straty vzniknutej trením po dĺžke - od čerpadla po tlakové čidlo a z miestnej straty - vzniká na vtoku do čerpadla a v čerpadle. Tlaková strata H_z sa počíta podľa nasledujúceho vzorca:

$$H_z = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} + \xi \cdot \frac{v^2}{2g} [m] \quad (8)$$

Kde : λ –súčiniteľ trenia po dĺžke

L –dĺžka potrubia [m]

D –vnútorný priemer potrubia DN40 [m]

v –rýchlosť prúdenia v potrubí [$m \cdot s^{-1}$]

- g -gravitačné zrýchlenie [$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$]
 ξ -súčiniteľ miestnej tlakovej straty

Dopravná výška

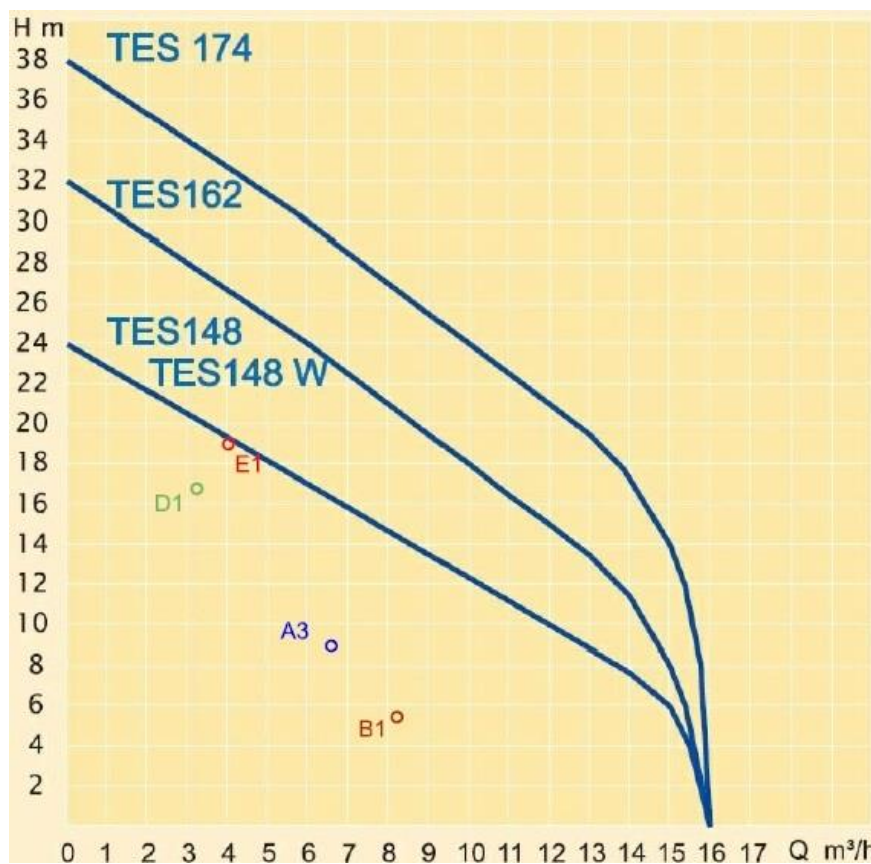
Celková dopravná výška sa vypočíta sčítaním týchto tlakových výšok

$$H = H_{tlak} + \Delta H + H_z \text{ [m]} \quad (9)$$

Pracovné body vybraných čerpadiel

Tab.č.6.3 výpočet pracovných bodov vybraných čerpadiel

Miesto merania	Priemerný čas čerpania [s]	Priemerné čerpané množstvo Q_{ξ} [$\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$]	Priemerné čerpané množstvo Q_{ξ} [$\text{m}^3\cdot\text{hod}^{-1}$]	Nameraný tlak H_{tlak} [m]	Prevýšenie čidla ΔH [m]	Tlaková strata H_z [m]	Dopravná výška čerpadla H [m]
A3	50	1.88	6.77	7.6	1.0	0.31	8.91
B1	41	2.29	8.25	3.9	1.0	0.45	5.35
D1	103	0.91	3.29	15.5	1.0	0.07	16.57
E1	83	1.13	4.08	18.0	1.0	0.11	19.11



Obr.č.6.6 Zakreslenie pracovných bodov do grafu Q-H krivky čerpadla

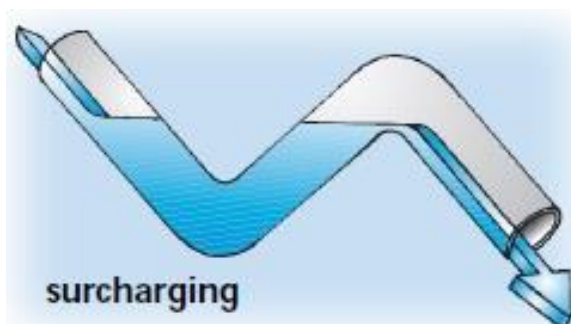
Vyhodnotenie pracovných bodov

Z vykreslenia pracovných bodov do Q-H krivky čerpadla je zrejmé, že niektoré čerpadlá korešpondujú s touto krivkou (D1, E1) a niektoré ležia úplne mimo túto krivku (A3, B1). Korešpondujúce D1 a E1 sa nachádzajú v časti Tedražice, na miestach kde sa podľa meraní vyskytujú vyššie tlaky a tlakové pomery sú stabilné. Pri čerpadlách A3 a B1 môžeme ich polohu pracovných bodov prisúdiť rozkolísaným tlakovým pomerom v systéme. Možnosť opotrebenia čerpadla môžeme vylúčiť, pretože tieto čerpadlá sú v prevádzke iba zopár mesiacov a takýto dramatický pokles výkonu je nepravdepodobný. Polohu týchto pracovných bodov môžeme vysvetliť tým, že priemerné hodnoty tlaku a doby čerpania sa pri kolísavých hladinách tlaku môžu badateľne líšiť od hodnôt jednotlivých čerpaní a to má za následok skreslenie týchto priemerných pracovných bodov.

6.4.2 Vyhodnotenie časti Hrádek

Systém tlakovej kanalizácie časti Hrádek je navrhnutý z veľkej časti ako zostupný (sklon až do 5%) pričom na svojej trase prekonáva zopár lokálnych výškových zlomov a na konci sa približne tri a pol metra dvíha do výustnej šachty na ČOV. Zobrazenie synoptického pozdĺžneho profilu je uvedené v prílohe č.3A. Väčšina domových čerpacích jímiek je výškovo umiestnená vyššie ako výusť na čistiarni. To spôsobuje, že transport vody vyčerpanej z DČJ do potrubného radu, nie je závislý iba od čerpania čerpadla.

Z pozorovaní vyplýva, že sa transport OV v potrubnom rade sa deje gravitačne. Takéto chovanie siete pripomína maloprofilovú kanalizáciu. Potrubie sa nachádza v tlakovom aj netlakovom režime. Tlakový režim sa nachádza v miestach potrubných lokálnych znížení, ktoré sú vymedzené vrcholmi lokálnych maxím. Nad úroveň lokálnych maxím vzniká tlakové prúdenie vtedy, ak objem pritekajúcej vody z DČJ je väčší ako odtok, ktorý je závislý na výške plnenia potrubného radu (tlakovej výške). Pri veľkých prítokoch by mohol nastať stav, že celý systém by sa zaplnil vodou a celý systém by bol v tlakovom režime. Avšak takýto stav nenastal ani raz počas merania a vzhľadom na nutný extrémny prítok, je tento stav pri tomto systéme je možný iba v teoretickej rovine.



Obr.č.6.7 Prúdenie OV v maloprofilovej kanalizácii v oblasti lokálneho minima [23]

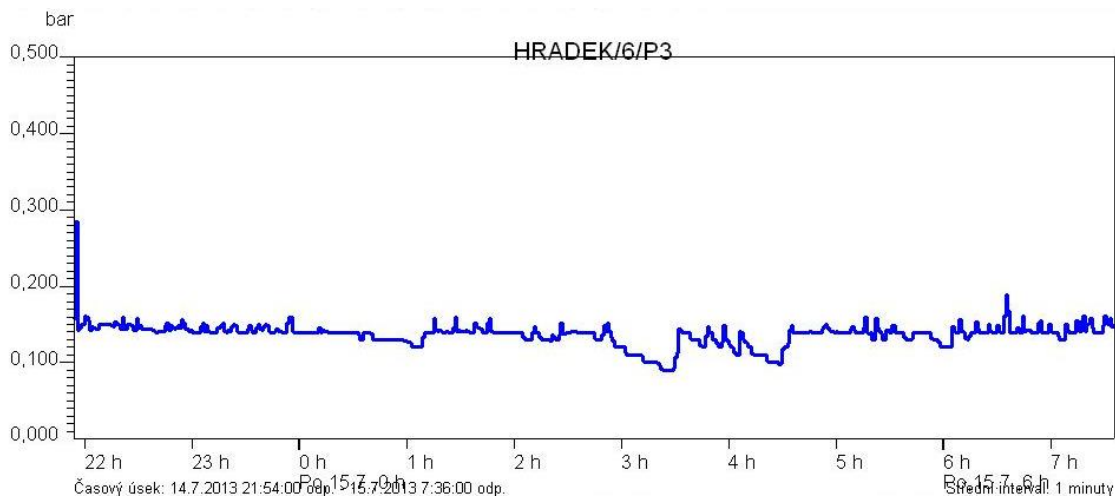
Keďže sa jedná o uzavretý systém v ktorom dochádza ku gravitačnému odtoku, je nutné riešiť zavzdušnenie potrubia ako prevenciu pred vznikom podtlakov. Na sieti sú vo vrcholových miestach osadené automatické za/odvzdušňovacie ventily. Z meraní vyplýva, že zostupných miestach dochádza k tvorbe dlhotrvajúcich podtlakov, čo môže byť spôsobené nedostatočnou kapacitou týchto ventilov. Podtlaky potom môžu spôsobovať závady, ktoré boli opísané v kapitole 4 Vyhodnotenie skúšobnej prevádzky.

Dôkazy o takomto chovaní sú získané z merania. Ako môžeme vidieť v prílohe č.3A, v miestach lokálnych znížení je pozorovaný tlakový horizont, ktorý vždy približne korešponduje s výškou lokálneho maxima. Od výšky lokálneho maxima vyššie, sú priemerné

namerané tlaky v desiatkach centimetrov alebo podtlaky v desiatkach centimetrov. To nasvedčuje že nad touto hranicou sa vytvára pulzujúca voľná hladina a systém je na týchto miestach v netlakovom režime.

Pre problém pretekania spätných klapiek to znamená, že pretlak vytvorený na tesniacu guľičku spätnej klapky sa po väčšinu času pohybuje v hodnotách, ktoré môžeme zjednodušiť na výškový rozdiel nadmorskej výšky tesniacej guľičky a nadmorskej výšky príslušného lokálneho maxima. Pri tejto konfigurácii siete nie je tento výškový (tlakový) rozdiel dostatočný na utesnenie spätnej klapky a tak dochádza k spätnému nátoku do DČJ, obzvlášť v miestach týchto lokálnych znížení.

V nočných hodinách (medzi tretou až štvrtou hodinou rannou, kedy sa predpokladá minimálny odtok z nehnuteľností) je viditeľné (Obr.č. 6.8), že tlak/vodný stĺpec sa z úrove horizontu znižuje. Keďže sa jedná o uzavretý systém a straty vody v potrubí vylučujeme je jasné, že k únikom vody dochádza cez pretekánie spätných klapiek späť do DČJ. Po naplnení pracovného objemu DČJ je táto pretečená odpadová voda znova načerpaná do potrubného radu a dochádza k nastúpaniu tlaku na úroveň horizontu.



Obr.č.6.8 Priebeh nočných tlakov pre miesto merania B3

Pozn.: Meranie tlakov ukázalo, že spomínaná porucha upchatia tlakovej prípojky pri č.p.320 nebola následkami vyplývajúcimi z podtlaku, pretože na danom mieste podľa merania k podtlakom nedochádza. Č.p. 320 sa nenachádza v oblasti pulzujúcej hladiny v potrubí a je od nej dostatočne ďaleko, aby sa vzniknutý podtlak nepropagoval do tejto vzdialenosti.

6.4.3 Vyhodnotenie časti Tedražice

Tlakový systém Tedražice sa rozdeľuje do dvoch vetví: VC – Tedražice sever (vyššie položené) a do VD – Tedražice juh (nižšie položené). Na rozdiel od časti Hrádek, je čerpané médium v obidvoch prípadoch čerpané z obytnej časti cez kopec (výškový zlom), ktorého nadmorská výška je väčšia ako sú nadmorské výšky DČJ v odkanalizovanej oblasti. Po prekonaní tohto zlomu, už nie sú v smere prúdenia média napojené ďalšie DČJ.

Tedražice sever

Na základe meraní sa dá s vysokou spoľahlivosťou určiť chovanie tlakovej siete. V prílohe č. 3B sú do pozdĺžneho profilu vykreslené priemerné tlaky v meraných miestach. Tieto tlaky dostatočne korešpondujú s hodnotou hydrostatického tlaku, ktorý je spôsobený prevýšením medzi vrcholovým bodom (495,68 m n. m.) a príslušným napojením DČJ do

tlakového radu. Umiestnenie vrcholového bodu, zabezpečuje dostatočný pretlak na dotiesnenie tesniacej guľičky v späťnej klapke a tak nedochádza k spätnému natekaniu OV späť do DČJ. To je dôvod prečo z tejto časti neboli hlásené žiadne problémy. Po prechode výškového zlomu (kde je umiestnený vzdušník), už odteká voda gravitačne. Na zostupnej vetve sa vytvorí voľná hladina, ktorá je funkciou pritekajúceho množstva vody z Tedražice sever, čerpaného množstva z Tedražice juh a množstvom OV vytekajúcej na ČOV (funkcia prevýšenia hladiny v zostupnej vetve VC od nadmorskej výšky výtoky na ČOV).

Tedražice juh

Pri vetve Tedražice juh nastáva rovnaký proces ako pri vetve Tedražice sever. Odpadová voda je čerpaná cez výškový zlom (478,50 m n. m.) a ďalej na výusť na ČOV (480,34 m n. m.). Oba tieto body sú položené vyššie ako odkanalizovaná oblasť. Minimálne hydrostatické tlaky v obývanej časti radu VD sú ohraničené výškovým rozdielom výusti na ČOV a napojenia DČJ do potrubného radu. Pri vytvorení hladiny na zostupnej vetve radu VC (podľa princípu ako bolo uvedené v Tedražice sever) je tlak vo vetve VD ovplyvnený touto voľnou hladinou.

Tlakový systém v časti Tedražice je z hľadiska prevádzkových parametrov nastavený dobre. Tlaky na sieti sa pohybujú v očakávaných hodnotách a nevyskytujú sa tu prevádzkové problémy. V časti Tedražice boli hlásené iba občasné spätné nátoky do DČJ. Pri predpoklade vodotesnosti tlakovej siete môžeme dať týmto tvrdeniam za pravdu. Keďže namerané priemerné tlaky sú o niečo nižšie ako prípadné vypočítané hydrostatické tlaky na základe výškových rozdielov vrcholových bodov a napojenia DČJ do potrubného radu, musí niekde dochádzať k „úniku“ vodného stĺpca vody. Tento pokles môže byť v menšej miere zapríčinený unikajúcimi plynmi z OV, avšak ako jediné vysvetlenie prichádza spätný nátok do DČJ. Tento pokles sa pohybuje okolo 1 m v. stl., čo pri zostupnej vetve VC znamená „vypustenie“ 50m úseku o objeme 0,4 m³. Tento nátok je ešte rozložený medzi niekoľko desiatok domov a celkový nátok do jednej DČJ je zanedbateľný, a preto sťažnosti v tejto časti obce nenabrali na intenzite.

6.5 VYHODNOTENIE AKOSTI ODPADOVÝCH VÔD

Pre vyhodnotenie akosti odpadových vôd v tlakovom systéme boli použité rozbory vody z prítoku na ČOV. Jedná sa o dvojhodinové zlievané vzorky (po 15 min), ktoré pre obec Hrádek u Sušice vyhodnotilo autorizované laboratórium.

V Tab.č.6.4 sú zobrazené vyhodnotenú ukazovatele akosti vody v mesiacoch február, apríl, júl 2014.

Tab.č.6.4 Vyhodnotenie akosti vody na prítoku na ČOV

	BSK ₅ [mg·l ⁻¹]	CHSK _{Cr} [mg·l ⁻¹]	NL [mg·l ⁻¹]	N-NH ₄ ⁺ [mg·l ⁻¹]	N _{celk} [mg·l ⁻¹]	P _{celk} [mg·l ⁻¹]	pH
Február 2014	562	997	280	134	-	-	7,89
Apríl 2014	876	1303	360	104	-	-	6,93
Júl 2014	329	847	436	96,9	100	14,4	7,39
Priemer hodnôt	589	1049	358,7	111,6	100	14,4	7,4

Tieto priemerné hodnoty sú v Tab.č.6.5 porovnané s hodnotami akosti OV uvedenými v 5.2 *Akosť vody v tlakových stokových systémoch*

Tab.č.6.5 Porovnanie priemernej akosti vody s ostatnými hodnotami uvedenými v kapitole 5.2 Akosť vody v tlakových stokových systémoch

	BSK ₅ [mg·l ⁻¹]	CHSK _{Cr} [mg·l ⁻¹]	NL [mg·l ⁻¹]	N-NH ₄ ⁺ [mg·l ⁻¹]	N _{celk} [mg·l ⁻¹]	P _{celk} [mg·l ⁻¹]
Hrádek u Sušice	589	1049	358,7	111,6	100	14,4
Priemerná akosť pre MS v USA[1]	150-600	300-1000	60-1000	35-70	35-140	2-30
Akosť pre tlakovú kanalizáciu [7]	749.8	1555.5	771.3	85.6	-	8.0

Z uvedeného porovnania akosti je zrejmé, že odpadové vody z tlakovej kanalizácie z obci Hrádek u Sušice sa svojou akosťou nevymykajú z uvádzaných štandardou a pohybujú sa v očakávaných hodnotách. Mierne zvýšená je iba koncentrácia amoniakálneho dusíka, čo môže byť spôsobené pomalšou oxidáciou NH₄⁺ na dusitany a dušičňany v potrubí pri nedostatočnom styku so vzduchom.

Ako už bolo spomenuté v kapitole 4.2 Výpočet doby zdržania odpadová voda na výusti na čistiarni odpadových vôd aj napriek dlhému zdržaniu odpadových (až 17 hod.) neprejavuje žiadne známky anaeróbie. Nie je pozorované sčernanie odpadovej vody, ani sírovodíkový zápach, čo sú typické znaky pre odpadové vody podliehajúce anaeróbií.

7 ZÁVER

Diplomová práca sa zaoberá vyhodnotením skúšobnej prevádzky tlakového stokového systému v obci Hrádek u Sušice. V čase vyhodnocovania sa jednalo o systém, ktorý bol v skúšobnej prevádzke po dobu 8 mesiacov a bolo na neho napojených 190 z celkového počtu 312 domových čerpacích jímiek pre celkovo 900 obyvateľov. Tlakový systém je zložený z dvoch nezávislých tlakových radov: Hrádek (inštalovaných 231 DČJ) a Tedražice (inštalovaných 81 DČJ), ktoré ústia do výustnej šachty na ČOV. Situácia tlakových radov a ich synoptické pozdĺžne profily sú uvedené v prílohách č. 2A a č. 2B resp. č.3 A a č. 3B.

7.1 SKÚSENOSTI POČAS SKÚŠOBNEJ PREVÁDZKY

Počas týchto mesiacov dochádzalo k plneniu funkcie tlakovej kanalizácie a to k odvádzaniu splaškových odpadových vôd z DČJ cez potrubnú sieť až na ČOV. Neboli hlásené problémy so spoľahlivosťou ani prevedením potrubného materiálu a takisto nebol za tento čas hlásený žiaden havarijný stav na hlavných radoch tlakovej stokovej siete. Čerpadlá za tento čas nevykazovali poruchovosť a nadmernú opotrebovanosť alebo nesprávne fungovanie. Takisto neboli zaznamenané problémy s akosťou odpadovej vody, ktorej parametre sa pohybujú v obvyklých hodnotách uvádzaných pre tlakovú kanalizáciu a to aj napriek aktuálne dlhej dobre zdržania v systéme (až nad 17 hod).

Avšak počas skúšobnej prevádzky sa vyskytli závady, ktoré priamo neohrozujú funkciu tlakovej kanalizácie, ale v dlhodobom horizonte môžu viesť k zvýšeným prevádzkovým nákladom, prípadne častejším výskytom porúch na tlakovej stokovej sieti. Pozorované závady na stokovom systéme sú: spätné natekanie odpadových vôd z tlakového radu späť do domovej čerpacej jímky a vznik podtlakov v systéme, ktorý spôsobuje vysatie odpadových vôd z DČJ bez spustenia čerpadla.

Porucha spätného natekania bola závažná hlavne z hľadiska ochoty obyvateľov pripojiť sa na postavenú stokovú sieť. Z dôvodu, že platby za odber elektrickej energie sú vyúčtované každému vlastníkovi DČJ samostatne, nie je pre vlastníkov nehnuteľností akceptovateľné aby platili za opakované vyčerpávanie natečenej odpadovej vody. Táto porucha bola zaznamenaná na viacerých miestach na sieti a bola podložená sledovaním hladiny odpadových vôd v jímke vlastníkmi DČJ. Z preskúmania vystrojenia DČJ bolo vyvedené, že príčina pretekania spočíva v nedostatočnej tesnosti spätnej klapky s guľičkou. Bola vyvedená hypotéza, že táto netesnosť je spôsobená nedostatočným pretlakom na tesniacu časť spätnej klapky.

Závada vzniku podtlakov v systéme bola pozorovaná sledovaním vlastníkov DČJ a potvrdená počítadlom motohodín čerpadla na riadiacom paneli. Prejavuje sa poklesom hladiny odpadových vôd v DČJ pod úroveň sania čerpadla, bez spustenia čerpadla. Z hľadiska technického ide o závažný problém, ktorý môže viesť k transportu hrubých veľkých nerozmelených nečistôt cez netočiace sa rezacie zariadenie a obežné kolo a k následnému upchatiu domových tlakových prípojok alebo verejného tlakového radu.

7.2 MERACIA KAMPAŇ

Za účelom zistenia tlakových pomerov (hodnoty tlaku a výskytu podtlakov) v rôznych častiach tlakovej siete bola vykonaná meracia kampaň merania tlakov. Meracia kampaň bola realizovaná v období júl - august 2013. V tomto období bol na vybraných DČJ na výtlaku za čerpadlom kontinuálne sledovaný tlak pri priemernej dĺžke merania na jednom mieste 5 dní. Vytypované miesta merania boli vhodne vybrané, aby v dostatočnej miere pokryli situačne a výškovo celý systém s ohľadom na problémové miesta. Celkovo bolo zvolených 9 meracích miest v časti Hrádek (Príloha č.2A) a 5 meracích miest v časti Tedražice (Príloha č.2B).

Priebežne s meraním tlakov prebehol v laboratórnych podmienkach pokus tesnosti spätnej klapky s guľičkou pri pretlakoch nižších ako 1 bar. Hodnota pretlaku 1 bar je určená výrobcom klapky ako minimálna hodnota pretlaku, pri ktorej výrobca garantuje vodotesnosť spätnej klapky. Bol však predpoklad, že tento pretlak nie je na sieti dosahovaný, čo môže mať za následok spätné úniky odpadovej vody z tlakového radu do DČJ. Pri prípadnom potvrdení netesností bolo nutné zistiť mieru netesnosti.

7.2.1 Vyhodnotenie pokusu tesnosti spätnej klapky s guľičkou

Pokusom bolo zistené, že tesniaca účinnosť spätnej klapky pri tlakoch nižších ako 1 bar je priamo závislá na hodnote pretlaku nad tesniacou časťou spätnej klapky. Pri pokuse bol zistený nielen narastajúci prietok presakujúcej vody pri klesajúcej hodnote pretlaku ale takisto nedokonalé dosadnutie tesniacej guľičky na tesniacu časť, čo má za následok úniky odpadovej vody až v hodnotách do $90 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Táto závislosť netesnosti klapky na pretlaku je vyjadrená v Tab.č.5.1 a v grafoch Obr.č.5.2 a Obr.č.5.3. Toto nesprávne dosadnutie je spôsobené konštrukciou dosadajúcej tesniacej guľičky. Tesniaca pryžová guľička (Obr.č.5.4) je zložená z dvoch pologúľ, ktorá má rôznu stlačiteľnosť v smere ševu (lepenia) a inú v smere kolmom na šev. Táto rôzna stlačiteľnosť pryžovej guľičky spôsobuje nedokonalosť guľového tvaru tesniacej guľičky. Ak dosadne guľička na tesniacu hranu ševom, nedostatočný pretlak vody v tlakovej kanalizácii nedokáže cez spoj guľičku dokonale pritlačiť a dochádza k úniku vody.

7.2.2 Vyhodnotenie merania tlakov

Z dôvodu, že tlakový systém je zložený z dvoch samostatných tlakových systémov: Hrádek a Tedražice bolo nutné vyhodnotiť tieto časti oddelene.

Časť Hrádek

Ako je znázornené v prílohe č. 3A je systém tlakovej kanalizácie časti Hrádek navrhnutý z veľkej časti ako zostupný, so sklonmi až do 5%, pričom väčšina domových čerpacích jímiek je výškovo umiestnených vyššie ako je výusť na ČOV. Táto konfigurácia systému spôsobuje, že transport vody vyčerpanej z DČJ do potrubného radu, nie je závislý iba od čerpania čerpadla.

Na základe merania bolo zistené, že priemerné tlaky v potrubí sa pohybujú v rozmedzí desiatok centimetrov podtlaku až jednotiek metrov tlaku (max 3,0 m v.stl.). Z meraní tak vyplýva, že transport odpadovej vody sa deje v prevažnej miere gravitačne a tlakovo, prípadne v ojedinelých prípadoch na niektorých úsekoch podtlakovo. Zmiešaný tlakový a netlakový režim pripomína chovanie maloprofilovej kanalizácie, kde sa transport odpadovej vody deje gravitačne a vznik tlakového prúdenia vzniká v mieste lokálneho výškového minima. Takéto chovanie má aj sledovaný tlakový systém v časti Hrádek, kde je tlakové prúdenie pozorované v oblastiach lokálnych výškových miním. Vo zvyšku siete je naopak pozorované netlakové - gravitačné prúdenie. Na výškovej hranici lokálnych maxím potom vzniká prechodová oblasť pohyblivej hladiny, kde sa v závislosti na plnení potrubia striedajú režimy prúdenia. Pri poklese hladiny a nedostatočnom zavzdušnení, ktoré je spôsobené nedostatočnou kapacitou a rozmiestnením od/zavzdušňovacích ventilov, tak vznikajú pozorované podtlaky.

Pre problém pretekania spätných klapiek to znamená, že tlaky pôsobiace na tesniace časti spätných klapiek sa pohybujú v hodnotách, ktoré môžeme zjednodušiť na výškový rozdiel nadmorskej výšky tesniacej guľičky spätnej klapky a nadmorskej výšky príslušného lokálneho maxima. Pri tejto konfigurácii siete nie je tento výškový (tlakový) rozdiel dostatočný na

utesnenie spätnej klapky a tak dochádza k spätnému nátoku do DČJ, obzvlášť v miestach týchto lokálnych zníženín.

Časť Tedražice

Tlakový systém Tedražice sa rozdeľuje do dvoch vetví: VC – Tedražice sever (vyššie položené) a do VD – Tedražice juh (nižšie položené). Na rozdiel od časti Hrádek, je čerpané médium v oboch prípadoch čerpané z obytnej časti cez kopec (výškový zlom), ktorého nadmorská výška je väčšia ako sú nadmorské výšky DČJ v odkanalizovanej oblasti. Po prekonaní tohto zlomu, už nie sú v smere prúdenia média napojené ďalšie DČJ. Celkové výškové usporiadanie tlakového systému Tedražice je uvedený v Prílohe č.3B.

Konfigurácia čerpania „cez kopec“ má oproti konfigurácií v časti Hrádek značné výhody. Výškový horizont spôsobuje, že celý tlakový systém v obývanej časti je trvalo zaplnený, vytvára stabilné tlakové pomery na sieti a transport odpadových vôd závisí výlučne na práci čerpadiel. Túto skutočnosť potvrdzujú merania priemerných tlakov zobrazené v prílohe č. 3B, kde priemerné namerané tlaky korešponujú s prevýšením výškového horizontu nad miestom merania.

Prevýšenie výškového horizontu nad časťou tlakového systému, kde sú napojené DČJ, je dostatočne veľké nato, aby bola tesniaca schopnosť spätnej klapky dostatočná, resp. obmedzená tak, aby nedochádzalo k značnému spätnému natekaniu odpadových vôd do DČJ. To bol dôvod prečo sťažnosti týkajúce sa spätného natekania odpadových vôd nenabrali v tejto obecnej časti na intenzite a vyskytovali sa len veľmi sporadicky.

7.3 DISKUSIA

Pozorovanie správania tlakového systému v obci Hrádek u Sušice odhalilo problémy nad ktorými bude potreba v budúcnosti pri návrhu tlakovej kanalizácie uvažovať.

7.3.1 Výskyt mierne tlakového príp. beztlakového prúdenia v systéme

V norme ČSN EN 1671 ako aj v príručkách a návodoch k navrhovaniu tlakových stokových sietí sa vyskytujú požiadavky na spoľahlivosti fungovania systémov a odolnosti jeho častí pre tlakové pomery, ktoré zodpovedajú tlakom vyvolaných čerpadlom, resp. skupinou súčasne pracujúcich čerpadiel. Jedná sa tak o tlaky vysoké, ktoré sa sú vyvíjané čerpadlami pre dopravu odpadových vôd. Takisto čiastkové a celkové tlakové skúšky sa vykonávajú za vysokých tlakov.

Na tlakových stokových systémoch však dochádza k týmto vysokým tlakom len veľmi zriedka. Po väčšinu času (záleží na veľkosti systému) sú na sieti tlakové pomery hydrostatické t.j. žiadne čerpadlo nie je zapnuté a tlak v systéme je určený výškovým rozdielom hladiny vody v potrubí a daným miestom na sieti. Tieto tlaky sú omnoho nižšie od hore uvádzaných a závisia na konfigurácií, pozdĺžneho výškového vedenia potrubia, tlakového stokového systému.

Je nutné, aby na danú skutočnosť nebolo zabudnuté pri návrhu častí systémov, ktoré požadujú k svojej správnej funkcii, dostatočné tlakové pomery. V diplomovej práci bolo preukázané, že takýto stav nastal pri návrhu spätnej klapky. Spätná klapka s guľičkou spĺňala všetky nároky, ktoré boli udelené normou pre použitie na tlakovej kanalizácii. Pri návrhu však nebolo myslené na to, že z dôvodu konfigurácie stokového systému v časti Hrádek, sa na stokovom systéme budú vyskytovať tlaky nižšie ako je minimálny pretlak udávaný výrobcom spätnej klapky na utesnenie.

Spozorovanie tejto poruchy v obci Hrádek občanmi malo dopad na ich ochotu pripojiť sa prevádzkovaný stokový systém. Je možné, že ak by riadiaci panel neobsahoval funkciu zobrazovania aktuálnej výšky hladiny, tak táto porucha by nemusela byť odhalená. Z dôvodu, že takúto funkciu zobrazovania nemá väčšina tlakových kanalizácií, je možné, že sa táto porucha vyskytuje aj na iných tlakových systémoch a dosiaľ nie je odhalená.

7.3.2 Výskyt podtlakov v tlakovom stokovom systéme

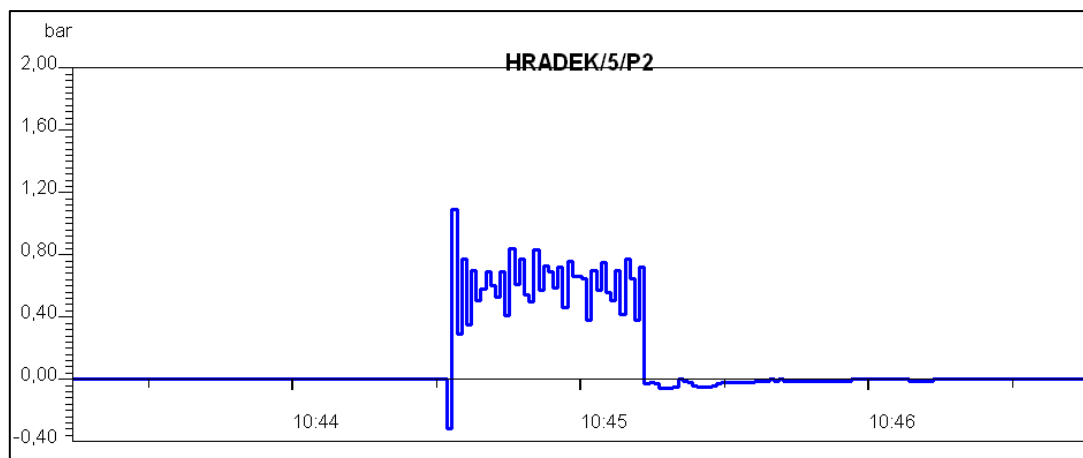
Výskyt podtlakov je v tlakovej kanalizácii nežiaduci. Podtlak v potrubnej sieti spôsobuje nasávanie odpadovej vody z jímky a jej transport do verejné tlakového radu bez zapnutia čerpadla. To má za následok nerozomletie unášaných hrubých nečistôt rezacím nástavcom, ktoré prechádzajú obežným kolom čerpadla a tlakovou prípojkou až do hlavného tlakového radu. Pri malých priemeroch potrubí tlakových prípojk a tlakového radu tak môže dôjsť k ich upchatiu. Takéto nebezpečné nečistoty sú rôzne textilie a vláknité hygienické potreby, ktoré nemajú stály tvar a bez problémov prejdú stojacim obežným kolom čerpadla. Následne v tlakovom rade resp. prípojke môže dôjsť k zachyteniu vlákna a k následnému upchatiu.

Príčiny vzniku podtlaku na stokových sú dvojakého spôsobu

- ako dôsledok hydraulického rázu
- nedostatočným zavzdušením potrubia

Vznik podtlaku ako dôsledok hydraulického rázu

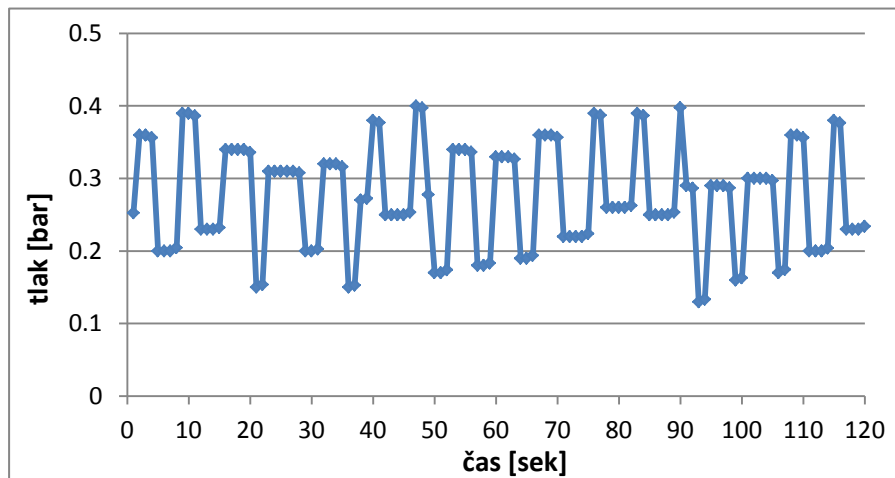
Hydraulický ráz typicky vzniká pri náhlom spustení a vypnutí čerpadla pri ktorom masa vody náhle zmení svoju hybnosť. Tento typ podtlaku je eliminovaný v priebehu sekúnd a nemá na tlakovú stokovú sieť ani na životnosť armatúr negatívny účinok.



Obr.č.7.1 Vznik podtlaku pri spustení a vypnutí čerpadla; meracie miesto B2

Ďalším typom hydraulického rázu je pulzácia tlaku. Táto pulzácia je často vyvolávaná nedostatočným odvzdušením plynových bublín vo vrcholových lomoch. Pri čerpaní sú strhávané bublinky plynu, ktoré sa usadzujú vo vrcholových lomoch. Hromadením tohto plynu dochádza v mieste hromadenia k zmenšeniu prietokového profilu a rastie tlaková strata. Čerpadlo potom musí vyvíjať vyššiu tlakovú energiu. Ak je tento tlak dosiahne dostatočne vysokých hodnôt dochádza k strhnutiu vzduchovej bubliny, čím tlaková strata rapídne poklesne, čo má za následok náhle zvýšenie prietoku a vznik rázu. V extrémnych prípadoch môže byť čas medzi hromadením plynov a ich strhávaním krátky (v rozmedzí sekúnd). Pri takomto rýchlom striedaní vznikajú tlakové pulzácie pri ktorom dochádza rapídny výkyvom tlaku. V extrémnych prípadoch tak môže dochádzať v krátkom časovom slede k pulzácií

tlakov - podtlak. Takéto pulzacie extrémne namáhajú pohyblivé časti tlakového systému a rapídne znižujú ich životnosť. Takéto pulzacie sa navonok prejavujú pravidelným klepaním pohyblivých častí (napr. spätnej klapky) tlakového stokového systému podľa frekvencie zmien tlaku.



Obr.č.7.2 Tlakové pulzácie na tlakovom stokovom systéme v obci Rozdrojovice [4]

Vznik podtlaku nedostatočným zavzdušením potrubia

K častým vznikom podtlakov dochádza na zostupných miestach potrubnej siete, ktoré sú výškovo situované vyššie ako je výtok zo systému. Na týchto miestach dochádza k prázdneniu potrubia (výtok otvorom) na základe gravitačnej sily a k vytvoreniu voľnej hladiny v potrubí. Ak je objem odtoku z potrubia vyšší ako je objem prítoku vzduchu zo zavzdušňovacích armatúr, vzniká v potrubí podtlak. Pri rýchlom prázdnení potrubia tak pri nedostatočnom, alebo žiadnom zavzdušení vznikajú podtlaky, ktoré nadviňujú tesniace časti spätných klapiek a nasávajú odpadovú vodu z DČJ bez toho aby bolo spustené čerpadlo, tak ako to bolo pozorované v mieste merania A2, kde čerpadlo pracovalo počas 6-tich mesiacov v prevádzke iba 0,48 motohodín.

7.4 PRÍNOS PRÁCE

Hlavný prínos práce je v poukázaní na problém navrhovania tlakových stokových sietí s ohľadom na časté nízke prevádzkové tlaky v systéme, ktoré môžu mať negatívny dopad na spoľahlivosť armatúr, ktoré vyžadujú istú mieru pretlaku. Prínosom práce je aj zistenie, že konfigurácia tlakového stokového systému so zostupným pozdĺžnym profilom a s výtokom umiestneným výškovo nižšie ako je väčšina stokového systému sa správa ako maloprofilová kanalizácia. Na túto skutočnosť je nutné brať pri návrhu ohľad pre jej špecifiká. Ako príklad uvediem dosiahnutie minimálnej prietocnej rýchlosti požadovanej normou ČSN EN 1671. Je nutné si uvedomiť, že rýchlosť prúdenia v maloprofilovej kanalizácii v miestach tlakového prúdenia nezávisí od množstva súčasne spustených čerpadiel, ale od výtoku otvorom, kde je hnacou silou prevýšenie voľnej hladiny nad príslušným výtokom. Táto skutočnosť značne komplikuje návrh pretože je pri návrhu nutné simulovať kolísanie voľnej hladiny v potrubí v čase.

8 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] BERÁNEK, Josef; PRAX, Petr. *Tlaková kanalizace*. Vyd. 1. Brno: Noel 2000 s.r.o., 1998. 110 s. ISBN 80-86020-08-8
- [2] ČSN EN 1671. *Venkovní tlakové systémy stokových sítí*. Praha: Český normalizační institut, 1998
- [3] RUČKA, Jan. *Navrhování tlakové kanalizace*. Městské vody 2013. 1. Brno: ARDEC s.r.o., 2013s. 83-88. ISBN: 978-80-86020-77-8
- [4] MACSEK, Tomáš. *Navrhování tlakových stokových sítí*. Brno, 2013. 55 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Jan Ručka, Ph.D..
- [5] MINISTERSTVO ZEMĚDELSTVÍ ČR. *Vodovody kanalizace ČR 2013*. Praha, 2014. ISBN 978-80-7434-162-5. Dostupné z:
http://eagri.cz/public/web/file/342170/Rocenska_VaK_2013.pdf
- [6] US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Wastewater Technology Fact Sheet: Sewer, Pressure*. 2012, 9 s. Dostupné z: <http://www.epa.gov/npdes/pubs/presewer.pdf>
- [7] MIFEK, Radim. Vliv kanalizační sítě na kvantitu a kvalitu dopravené odpadní vody na ČOV. In: [online]. 12.9.2011 [cit. 2014-12-30]. Dostupné z:
<http://voda.tzb-info.cz/kanalizace-splaskova/7813-vliv-kanalizacni-site-na-quantitu-a-kvalitu-dopravene-odpadni-vody-na-cov>
- [8] JIHOMORAVSKÁ ARMATURKA SPOL. S R.O. *FLOWJET® Od- a zavzdušňovací ventil* [online]. [cit. 2014-12-30]. Dostupné z: <http://www.jmahod.cz/cs/produkty/detail-products/product/vag-flowjetR-pe-automatic-air-valve.html>
- [9] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Vodovody, kanalizace a vodní toky 2013: 1.2 Kanalizace* [online]. 2014. vyd. [cit. 2014-12-30]. Dostupné z:
<http://www.czso.cz/csu/2014edicniplan.nsf/p/280021-14>
- [10] ORPU PUMPENFABRIK GmbH. *Submersible sewage pumps ORCUT TES*. Dostupné z: http://www.orpu.de/orcut_tes-flyer.pdf
- [11] SENSUS METERING SYSTEMS. *CDL tlakový snímač; Cosmos-Data-Logger CDL U*.
- [12] Standard ATV- A 116E; *Special Sewer Systems Vacuum Drainage Service – Pressure Drainage Service*, september 1992, UDC 628.2:143.2-98
- [13] PIPELIFE CZECH S.R.O. *Tlaková a podtlaková kanalizace*. 2007, 12 s
- [14] ŠUMAVANET.CZ. *Hrádek u Sušice* [online]. [cit. 2014-12-31]. Dostupné z: <http://www.sumavanet.cz/hradek/zaklad.asp>
- [15] Bc. Martin Ambrož *Vyhodnocení provozu tlakové kanalizace vybrané obce*. Brno, 2014. 88 s., 02 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Jan Ručka, Ph.D..
- [16] ENVIRONMENT ONE CORPORATION. *Low Pressure Sewer Systems Using Environment One Grinder Pumps*. 32.s. Dostupné z:
https://s3.amazonaws.com/EONE_PUBLIC_WEB/public_files/lpsdesign.pdf
- [17] BLAŽEJEWSKI, Ryszard a Radoslaw MATZ. *Design flows for pressure sewers*. 2012, s. 14. DOI: 10.5277/epe120215. Dostupné z: http://epe.pwr.wroc.pl/2012/2_2012/Blazejewski_2-2012.pdf

- [18] THRASHER, David. *Design and use of pressure sewer systems*. Chelsea, Mich.: Lewis Publishers, c1987, 124 p. ISBN 08-737-1070-3.
- [19] CARCICH, Italo G., Leo J. HETLING a R. Paul FARRELL. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *A Pressure Sewer System Demonstration*. 1972. Dostupné z: <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockkey=P1007TVU.txt>
- [20] METROPOLITAN ST. LOUIS SEWER DISTRICT. *Low Pressure Sewer System Design Requirements*. 2009, Rev 2011, 35 s. Dostupné z: <http://www.stlmsd.com/sites/default/files/engineering/726735.PDF>
- [21] UNIFIED GOVERNMENT OF WYANDOTTE COUNTY AND KANSAS CITY, Kansas. *Minimum Design Standards for Sanitary Sewer*. 2007, 80 s.
- [22] QUEENSLAND URBAN UTILITIES. *QUU Low Pressure Sewers*. 2001, 34 s. Dostupné z: https://www.urbanutilities.com.au/~/_media/quu/pdfs/development%20services/design%20construction%20standards/2011%20superseeded/11s_lps_v1%281%29.ashx
- [23] Alternative Sewers: A Good Option for Many Communities. *PIPELINE*. 1996, roč. 7, č. 4, s. 8. Dostupné z: http://www.nesc.wvu.edu/pdf/WW/publications/pipline/PL_FA96.pdf
- [24] Zdroj mapových podkladů vo výkresových přílohách: www.mapy.cz

ZOZNAM TABULIEK

	Str.
Tab.č.1.1 Vybrané ukazovatele štatistiky kanalizačnej siete za vybrané roky [5]	10
Tab.č.2.1 Výhody a nevýhody tlakovej kanalizácie oproti konvenčnému odkanalizovaniu [6]	13
Tab.č.2.2 Porovnanie metód výpočtu návrhového prietoku pre tlakovú kanalizáciu v obci s 437 pripojenými obyvateľmi a s 148 ks čerpacích staníc s hydrostatickými vretenovými čerpadlami [4]	17
Tab.č.2.3 Vybrané požiadavky vodárenských spoločností na tlakovú kanalizáciu [4]	21
Tab.č.2.4 Porovnanie koncentrácií znečistenia (pozorované v USA) [1]	22
Tab.č.2.5 Meranie znečistenia odpadových vôd v podmienkach ČR [7]	23
Tab.č.3.1 Výpis dĺžok potrubí v závislosti na dimenzií	25
Tab.č.3.2 Počet DČJ na jednotlivých tlakových radoch a dĺžka jednotlivých radov	26
Tab.č.4.1 Výpočet objemu tlakovej stokovej siete	31
Tab.č.5.1 Priemerné hodnoty prietoku (netesnosť klapky) a spoľahlivosť funkcie klapky pri rôznych hodnotách pretlaku	35
Tab.č.6.1 Záznam jednotlivých meraní	39
Tab.č.6.2 Rozdelenie hodnôt do intervalov a výpočet pravdepodobnosti hodnoty intervalu pre A3	41
Tab.č.6.3 Výpočet pracovných bodov vybraných čerpadiel	46
Tab.č.6.4 Vyhodnotenie akosti vody na prítoku na ČOV	49
Tab.č.6.5 Porovnanie akosti vody s ostatnými hodnotami uvedenými v 5.2 Akosť vody v tlakových stokových	50

ZOZNAM OBRÁZKOV

	Str.
Obr.č.1.1 Percento obyvateľov bývajúcí v domoch pripojených na kanalizáciu v rôznych krajoch ČR v roku 2013 [5]	10
Obr. č. 1.2 Schéma tlakovej kanalizácie [1]	11
Obr. č. 2.1 Objemové vretenové čerpadlo Sigma 5/4" Kador + charakteristika čerpadla	15
Obr.č.2.2 Systém mechanického predčistenia [6]	19
Obr.č.2.3 Schéma funkčných objemov DČJ [1]	20
Obr.č.3.1 Lokalizácia obce Hrádek u Sušice (zdroj: www.mapy.cz)	24
Obr.č.3.2 Automatický ventil FLOWJET [8]	25
Obr.č.3.3 Odstredivé kalové čerpadlo ORCUT TES 148 a jeho charakteristika [10]	27
Obr.č.3.4 Riadiaci panel ComControl CC1 – LCD	28
Obr.č.3.5 Schéma domovej čerpacej jímky	29
Obr.č.3.6 Domová čerpacia jímka v obci Hrádek	29
Obr.č.4.1 Výustná šachta na ČOV	31
Obr.č.5.1 Schematické zobrazenie pokusu	34
Obr.č.5.2 Priemerné hodnoty prietoku pri rôznych hodnotách pretlaku	36
Obr.č.5.3 Pravdepodobnosť úspešného dotesnenia pri rôznych hodnotách pretlaku	36
Obr.č.5.4 Tesniaca guľička z EPDM pryže	37
Obr.č.6.1 Tlakový senzor CDL-DS 2U	38
Obr.č.6.2 Výstup dát z programu CDLWin 3.41. vo formáte .txt	40
Obr.č.6.3 Zobrazenie priebehu tlaku v programe CDLWin 3.41	40
Obr.č.6.4 Grafické znázornenie pravdepodobnosti výskytu intervalu a pravdepodobnosť prekročenia pre miesto merania A3	42
Obr.č.6.5 Výsledný list protokolu merania z meracieho miesta E1	44
Obr.č.6.6 Zakreslenie pracovných bodov do grafu Q-H krivky čerpadla	46
Obr.č.6.7 Prúdenie OV v maloprofilovej kanalizácii v oblasti lokálneho minima [23]	47
Obr.č.6.8 Priebeh nočných tlakov pre miesto merania B3	48
Obr.č.7.1 Vznik podtlaku pri spustení a vypnutí čerpadla; meracie miesto B2	54
Obr.č.7.2 Tlakové pulzácie na tlakovom stokovom systéme v obci Rozdrojovice [4]	55

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV

ČOV	.....	čistiareň odpadových vôd
OV	.....	odpadové vody
m v. stl.	.....	metrov vodného stĺpca
TSS	.....	tlaková stoková sieť
DČJ	.....	domová čerpacia jímka
ČS	.....	čerpacia stanica
DN	.....	svetlosť potrubia [mm]
DN/OD	.....	vonkajší priemer potrubia [mm]
DN/ID	.....	vnútorný priemer potrubia [mm]
e_n	.....	hrúbka steny potrubia
MS	.....	meliaci systém
SMP,STEP	.....	systém mechanického predčistenia
BSK ₅	.....	biochemická spotreba kyslíku
NL	.....	nerozpustné látky
CHSK	.....	chemická spotreba kyslíku
N-NH ₄	.....	amoniakálny dusík
N _{celk}	.....	celkový dusík
P _{celk}	.....	celkový fosfor
EO	.....	ekvivalentný obyvateľ
Q ₂₄	.....	24 hodinový prietok [$m^3 \cdot s^{-1}$]
Θ	.....	doba zdržania
q _{spec-DČJ}	.....	špecifický odtok z jednej DČJ
H	.....	tlaková výška [m v. stl.]
H _z	.....	tlaková strata [m v. stl.]
Mh	.....	motohodiny
Q _č	.....	čerpané množstvo [$m^3 \cdot s^{-1}$, $l \cdot s^{-1}$]
V	.....	objem [m^3]

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha č.1	Mapa širších vzťahov	1:50000
Príloha č.2A	Prehľadná situácia stokového systému časť Hrádek	1:4000
Príloha č.2B	Prehľadná situácia stokového systému časť Tedražice	1:4000
Príloha č.3A	Synoptický pozdĺžny profil – Hrádek	1:4000
Príloha č.3B	Synoptický pozdĺžny profil – Tedražice	1:4000
Príloha č.4	Vybrané listy meraní (A3,B1,D1,E1)	

SUMMARY

This diploma thesis aimed to assess test operation of low pressure sewer system (LPS) in the village of Hrádek u Sušice. During the assessment period, the system had already been in its test working order for 8 months and a number of 190 from the total of 312 grinder pump stations (GPS) had already been connected to the system, supplying 900 residents in total. LPS consisted of two independent rising mains: Hrádek (231 GPSs) and Tedražice (81 GPSs). Situation of the rising mains and their synoptic longitudinal sections are listed in appendices 2A and 2B, or 3A and 3B, respectively.

Results of the diploma thesis are focused on the assessment of behaviour of the LPS, its parameters of operation and analysis and causes of failures that occurred in the sewage system during the test operation period.

For the purpose of determination of the LPS functionality and causes of failures, continual measurements of pressure have been made on selected sites followed by a thorough analysis of the data. Simultaneously, an experiment of water tightness of a check valve has been conducted in laboratory conditions at lower than minimal shut-off pressure stated by the producer of the check valve.

Result of the water tightness experiment

Experimentally, it has been found that water tightness of the check valve at pressure lower than 1 bar is directly dependent on the value of pressure above the sealing part of the check valve. Not only an increased number of leakages has been detected at lower values of pressure, but it also led to insufficient sealing of the ball of the check valve, which resulted in leakages of wastewater at the rate of up to $90 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. This correlation is explained in Tab.č.5. and in the charts Obr.č.5.2 and Obr.č.5.3.

Result of pressure measurements

Assessment for each part of the LPS has been conducted separately.

Measurement in part Hrádek exhibited low-pressure or non-pressure flow regime in the sewage system and its behaviour resembled a small diameter gravity sewer. Low pressure values are unsatisfactory for generating enough pressure that is required for sealing properties of check valve, as it was proven by the experiment of water tightness of the check valve. Such a regime of flow is caused by elevation configuration of the LPS, where the majority of the sewage system located higher above the outfall to the wastewater treatment plant.

Unlike part Hrádek, part Tedražice is permanently located in pressure regime, which is caused by appropriate elevation configuration of its sewage mains, where the wastewater is pumped from inhabited areas to the highest location. Such a configuration provides stable pressure conditions in the system and ensures satisfactory pressure for proper sealing of check valves.

Asset of the thesis

The main asset of the thesis is to highlight the problem of LPS designing, concerning commonly present low pressure values, which could negatively impact reliability of armatures that require certain pressure values. Another asset of the thesis is the finding that the configuration of the LPS with descending longitudinal profile and with discharge located below the majority of the sewage system behaves much like a small diameter gravity sewer and its different specifics must be taken into consideration prior to its designing.